



TUGAS AKHIR - TM 141585

**ANALISA PERFORMA *ENGINE* SEPEDA
MOTOR HONDA CBR 250 R SETELAH
PENAMBAHAN VVT-i (*VARIABLE VALVE
TIMING INTELLIGENT*) DENGAN *SOFTWARE
LOTUS ENGINEERING***

**ACHMAD HUSEIN
NRP. 2113105040**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I NYOMAN SUTANTRA, M.Sc, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TM 141585

**ANALYSIS ENGINE PERFORMANCE
MOTORCYCLES HONDA CBR 250 R AFTER
ADDITION VVT-i (VARIABLE VALVE TIMING
INTELLIGENT) USE LOTUS ENGINEERING
SOFTWARE**

**ACHMAD HUSEIN
NRP. 2113105040**

**Academic Supervisor
Prof. Ir. I NYOMAN SUTANTRA, M.Sc, Ph.D**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Tchnology
Surabaya 2016**



**ANALISA PERFORMA ENGINE SEPEDA MOTOR
HONDA CBR 250 R SETELAH PENAMBAHAN VVT-i
(*VARIABLE VALVE TIMING INTELLIGENT*)
DENGAN SOFTWARE LOTUS ENGINEERING**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Otomotif
Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Achmad Husein

Nrp. 2113 105 040

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc, PhD
NIP. 195106051978031002 (Pembimbing I)
2. Dr.Eng Unggul Wasiwitono, ST, M.Eng.Sc
NIP. 197805102001121001 (Penguji I)
3. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST, MT
NIP. 197004121997032003 (Penguji II)
4. Moch Solichin, ST, MT
NIP. 198908172015041003 (Penguji III)

SURABAYA
Januari , 2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga Tugas Akhir yang saya kerjakan ini dapat saya selesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini saya susun sesuai dengan bidang studi saya yaitu Desain dengan judul Analisa Performa Engine Sepeda Motor Honda CBR 250 R setelah penambahan VVT-i (Variable Valve Timing Intelligent) dengan Software Lotus Engineering. Saya juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada.

1. Kedua orang tua penulis Sudiro dan Ibu Khotimah yang tiada henti – hentinya selalu memotivasi dan memberi dukungan terhadap penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Prof. Ir I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Prof. Ir. Sutardi, M.Eng, Ph.D, selaku dosen wali.
4. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST, MT, selaku dosen penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir.
5. Dr.Eng. Unggul Wasiwitono S.T., M.Eng.Sc., selaku dosen penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir.
6. Moch. Solichin, ST, MT, selaku dosen penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir.
7. Arif Wahyudi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Kasie Proposal dan Tugas Akhir
8. Untuk seluruh mahasiswa Lintas Jalur khususnya angkatan 2013 yang telah memberikan banyak bantuannya dalam studi di Teknik Mesin ITS.
9. Bersaudaradap community, Udin Kevin, Ridho Genzo, HP_LFC, AA Surya, Johari, dan yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.
10. Teman satu Tugas Akhir saya Arief Joko Susilo yang sama – sama berjuang dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. Segenap mahasiswa Teknik Mesin ITS yang telah memberikan dukungan, motivasi dan pembelajaran selama kuliah di Teknik Mesin ITS.
12. Segenap Dosen dan Karyawan Teknik Mesin ITS yang telah mendidik dengan sepenuh hati.
13. Semua pihak yang telah membantu atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Mesin FTI-ITS agar memenuhi syarat kelulusan. Saya menyadari laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir saya ini. Semoga laporan Tugas Akhir yang saya buat dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

**ANALISA PERFORMA ENGINE SEPEDA MOTOR
HONDA CBR 250 R SETELAH PENAMBAHAN VVT-i
(VARIABLE VALVE TIMING INTELLIGENT) DENGAN
SOFTWARE LOTUS ENGINEERING**

Nama Mahasiswa : Achmad Husein
NRP : 2113 105 040
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
**Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc,
Ph.D**

Abstrak

Kendaraan bermotor saat ini sudah banyak digunakan. Manusia membutuhkan kendaraan bermotor untuk transportasi dan menunjang aktivitas. Penggunaan kendaraan bermotor secara terus menerus membutuhkan bahan bakar yang banyak. Pengaruhnya yaitu menipisnya cadangan minyak bumi dan meningkatkan emisi gas.

Seiring perkembangan zaman, manusia pun membutuhkan adanya inovasi peningkatan tenaga pada engine. Dengan adanya teknologi VVT-i dimana teknologi pengaturan sistem kerja katup pemasukan bahan bakar secara elektronik baik dalam hal waktu maupun ukuran buka tutup katup sesuai putaran engine sehingga meningkatkan tenaga engine, hemat bahan bakar, dan ramah lingkungan.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan studi penambahan VVT-i pada sepeda motor Honda CBR 250 R. Pemodelan awal Engine sepeda motor Honda CBR 250 R akan disimulasikan dengan software Lotus Engineering. Setelah itu, dengan penambahan pemodelan VVT-i pada Honda CBR 250 R bagaimana performa engine berupa Engine

speed vs Brake Power, Engine Speed vs Brake Torque, Engine Speed vs BMEP (Brake Mean Effective Pressure), Engine speed vs BSFC (Brake Specific Fuel Consumption), dan Engine Speed vs Efisiensi Volumetric.

Dari hasil simulasi, setelah penambahan VVT-i didapatkan adanya perubahan performa engine pada sepeda motor Honda CBR 250 R yaitu pada Brake Power 7 dari 11 variasi engine speed rata-rata kenaikannya sebesar 0,04 kW. Pada Brake Torque 8 dari 11 variasi engine speed rata-rata kenaikannya sebesar 0,07 Nm. Pada BMEP (Brake Mean Effective Pressure) 7 dari 11 variasi engine speed rata-rata kenaikannya sebesar 0,04 bar. Pada BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) 7 dari 11 variasi engine speed rata-rata penurunan sebesar 0,184 g/kWhr. Pada Efisiensi Volumetric 8 dari 11 variasi engine speed rata-rata kenaikannya sebesar 0,275 %.

Kata kunci : BMEP, Brake Power, Brake Torque, BSFC, Emisi, Efisiensi Volumetric, Teknologi VVT-i

**ANALYSIS ENGINE PERFORMANCE MOTORCYCLES
HONDA CBR 250 R AFTER ADDITION OF VVT-i
(VARIABLE VALVE TIMING INTELLIGENT) USE LOTUS
ENGINEERING SOFTWARE**

Student Name : Achmad Husein
NRP : 2113 105 040
Department : Mechanical Engineering FTI-ITS
Lecturer : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc,
Ph.D

Abstract

Motor vehicles are now widely used. Humans need a vehicle to transport and support the activities. The use of a motor vehicle is continuously requires a lot of fuel. Its influence is depletion of oil reserves and increase emissions.

Along with the times, man also requires innovation increase in engine power. With the VVT-i technology where technology work system settings valve electronic fuel intake both in terms of time as well as the size of the opening and closing of the valve according to the engine speed increases engine power, fuel-efficient, and environmentally friendly.

In this final project, conducted studies on the addition of VVT-i motorcycle Honda CBR 250 R. Modeling beginning Engine motorcycle Honda CBR 250 R will be simulated with software Lotus Engineering. After that, with the addition of modeling VVT-i on the Honda CBR 250 R how performance engine such as engine speed vs. Brake Power, Engine Speed vs. Brake Torque, Engine Speed vs. BMEP (brake mean Effective Pressure), Engine speed vs. BSFC (Brake Specific Fuel Consumption), and Engine Speed vs. Volumetric Efficiency.

From the simulation results, after the addition of VVT-i got the change of engine performance on a motorcycle Honda CBR 250 R is the Brake Power 7 of 11 variations of the average engine speed increase of 0.04 kW. Brake Torque on 8 of 11 variations of the average engine speed increase of 0.07 Nm. At BMEP (Brake Mean Effective Pressure) 7 of 11 variations of the average engine speed increase of 0.04 bar. At the BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) 7 of 11 variations of the average engine speed decrease of 0.184 g / kWhr. In the Volumetric Efficiency 8 of 11 variations of the average engine speed increase of 0.275%.

Keywords : BMEP, Brake Power, Brake Torque, BSFC, emission , Volumetric Efficiency, VVT-i technology

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA dan DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Prinsip Kerja Mesin Bensin.....	8
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah.....	10
2.2.3 Konstruksi Mesin Bensin.....	12

2.2.4 Komponen Mesin Bensin.....	13
2.2.5 Konstruksi Mekanisme Katup sepeda motor Honda CBR 250 R.....	32
2.2.6 Performa Engine.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	39
3.2 Prosedur penelitian.....	41
3.2.1 Studi Literatur dan Identifikasi Masalah.....	41
3.2.3 Pengumpulan Data.....	41
3.2.4 Pengolahan Data.....	42
3.2.5 Pembuatan model simulasi dan Running model.....	42
3.2.6 Verifikasi dan Validasi model.....	44
3.2.7 Pembuatan Model Alternatif.....	45
3.2.8 Analisa Data.....	45
3.2.9 Kesimpulan.....	45
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Proses Pembuatan Model dengan Penambahan VVT-i.....	37
4.2 Contoh Perhitungan.....	50
4.2 Analisa Grafik.....	52
4.2.1 Grafik Engine Speed Vs Brake Power.....	52
4.2.2 Grafik Engine Speed Vs Brake Torque.....	53
4.2.3 Grafik Engine Speed Vs BMEP	54

4.2.4 Grafik Engine Speed Vs BSFC	56
4.2.5 Grafik Engine Speed Vs Efisiensi Volumetric.....	57
BAB V KESIMPULAN dan SARAN.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Power versus EVO angle for different speed.....	6
Gambar 2.2 BMEP versus EVO angle for different speed	6
Gambar 2.3 BSFC versus EVO angle for different speed.....	6
Gambar 2.4 Power versus EVC angle for different speed.....	7
Gambar 2.5 BMEP versus EVC angle for different speed.....	7
Gambar 2.6 BSFC versus EVC angle for different speed.....	7
Gambar 2.7 Torak dan mekanisme cranking.....	9
Gambar 2.8 Langkah torak.....	9
Gambar 2.9 Langkah hisap.....	10
Gambar 2.10 Langkah kompresi.....	11
Gambar 2.11 Langkah usaha.....	11
Gambar 2.12 Langkah buang.....	12
Gambar 2.13 Konstruksi mesin bensin.....	12
Gambar 2.14 Blok silinder.....	14
Gambar 2.15 Cylinder head.....	15
Gambar 2.16 Torak.....	16
Gambar 2.17 Pena torak.....	17
Gambar 2.18 Batang torak.....	17
Gambar 2.19 Poros engkol.....	18

Gambar 2.20 Roda penerus.....	19
Gambar 2.21 Sumbu nok.....	20
Gambar 2.22 Konstruksi mekanisme katup.....	21
Gambar 2.23 Cam sisi lurus.....	22
Gambar 2.24 Cam sisi cekung.....	22
Gambar 2.25 Cam sisi cembung.....	23
Gambar 2.26 Timing gear.....	23
Gambar 2.27 Timing chain.....	24
Gambar 2.28 Timing belt.....	25
Gambar 2.29 Katup.....	26
Gambar 2.30 Pelatuk.....	27
Gambar 2.31 Pegas katup tunggal dan Ganda.....	28
Gambar 2.32 VVT-i Controller.....	30
Gambar 2.33 OCV (Oil Control Valve).....	30
Gambar 2.34 Konstruksi VVT-i.....	31
Gambar 2.35 Komponen mekanisme katup Honda CBR 250 R.....	33
Gambar 2.36 Roller Rocker Arm.....	34
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	40
Gambar 4.1 Model awal.....	47
Gambar 4.2. Variasi MOP.....	47
Gambar 4.3 Model VVT-i.....	47

Gambar 4.4 Grafik Engine Speed Vs Brake Power.....52

Gambar 4.5Grafik Engine Speed Vs Brake Torque.....53

Gambar 4.6 Grafik Engine Speed Vs BMEP.....54

Gambar 4.7 Grafik Engine Speed Vs BSFC.....56

Gambar 4.8 Grafik Engine Speed Vs Efisiensi Volumetric.....57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Base engine geometry Greener Vehicles.....	5
Tabel 3.1 Data spesifikasi engine sepeda motor Honda CBR 250 R.....	41
Tabel 3.2 Daftar Simbol pada Software Lotus Engineering.....	42
Tabel 4.1 Simbol Tambahan VVT-i pada Lotus Engineering.....	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan Bermotor pada saat ini banyak digunakan oleh manusia. Kendaraan tersebut digunakan untuk keperluan sehari-hari sebagai sarana transportasi dan penunjang aktivitas. Kendaraan tersebut mulai dari sepeda motor, mobil, bis, truk dan lain-lain. Kendaraan bermotor sudah pasti membutuhkan bahan bakar untuk menghidupkan mesin. Penggunaan bahan bakar secara terus menerus akan mengurangi cadangan minyak bumi yang ada saat ini. Selain itu, penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor akan menghasilkan emisi gas. Emisi gas yang jumlahnya cukup banyak akan menipiskan lapisan atmosfer bumi.

Seiring perkembangan zaman, manusia pun membutuhkan adanya peningkatan tenaga dari kendaraan bermotor tersebut supaya mendapatkan kecepatan dan torsi yang lebih baik dari yang ada sebelumnya. Manusia pun mulai memikirkan untuk memecahkan permasalahan yang ada dengan melakukan beberapa inovasi-inovasi di bidang teknologi khususnya otomotif. Teknologi VVT-i (Variable Valve Timing Intelligent) merupakan teknologi yang mengatur sistem kerja katup pemasukan bahan bakar secara elektronik baik dalam hal waktu maupun ukuran buka tutup katup sesuai dengan besar putaran engine sehingga meningkatkan tenaga engine, hemat bahan bakar, dan ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh ^[11] Darwan mengenai teknologi VVT-i dengan membandingkan mesin berteknologi VVT-i dengan platina. Dari hasil perhitungan didapatkan untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, daya yang dihasilkan teknologi VVT-i sebesar 44,179 kW, sedangkan tanpa teknologi VVT-i daya dihasilkan sebesar 43,154, sehingga kenaikannya 2,32%. Untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, konsumsi bahan bakar teknologi VVT-i sebesar 251,5098

gr/kw jam, sedangkan untuk platina konsumsi bahan bakarnya sebesar 260,0889 gr/kw jam, sehingga penurunan 3,41%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan mesin berteknologi VVT-i bisa meningkatkan tenaga dan mengurangi konsumsi bahan bakar.

Namun, teknologi VVT-i yang ada saat ini hanya diterapkan pada mobil. Sepeda motor yang ada saat ini juga sudah mulai berkembang dan membutuhkan tenaga yang tinggi, hemat bahan bakar, dan juga ramah lingkungan. Untuk itu teknologi VVT-i yang ada saat ini, jika diterapkan pada sepeda motor bagaimanakah performa engine setelah diterapkannya teknologi VVT-i tersebut.

Pada Tugas Akhir ini engine dimodelkan menggunakan Software “Lotus Engineering” dan performanya berupa BSFC (Brake Specific Fuel Consumption), BMEP (Brake Mean Effective Pressure), Brake Torque, Brake Power, dan Efisiensi Volumetris dianalisa hasilnya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dari Tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah penerapan VVT-i pada sepeda motor Honda CBR 250 R dengan Software Lotus Engineering ?.
2. Bagaimanakah performa engine setelah diterapkan teknologi VVT-i ?.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui penerapan VVT-i pada sepeda motor Honda CBR 250 R dengan Software Lotus Engineering.
2. Untuk mengetahui performa engine setelah diterapkan teknologi VVT-i .

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari tugas akhir ini yaitu :

1. Mengembangkan teknologi khususnya di sepeda motor sehingga meningkatkan tenaga engine, lebih irit bahan bakar, dan. mengurangi emisi gas.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dan diasumsikan pada beberapa kondisi berikut.

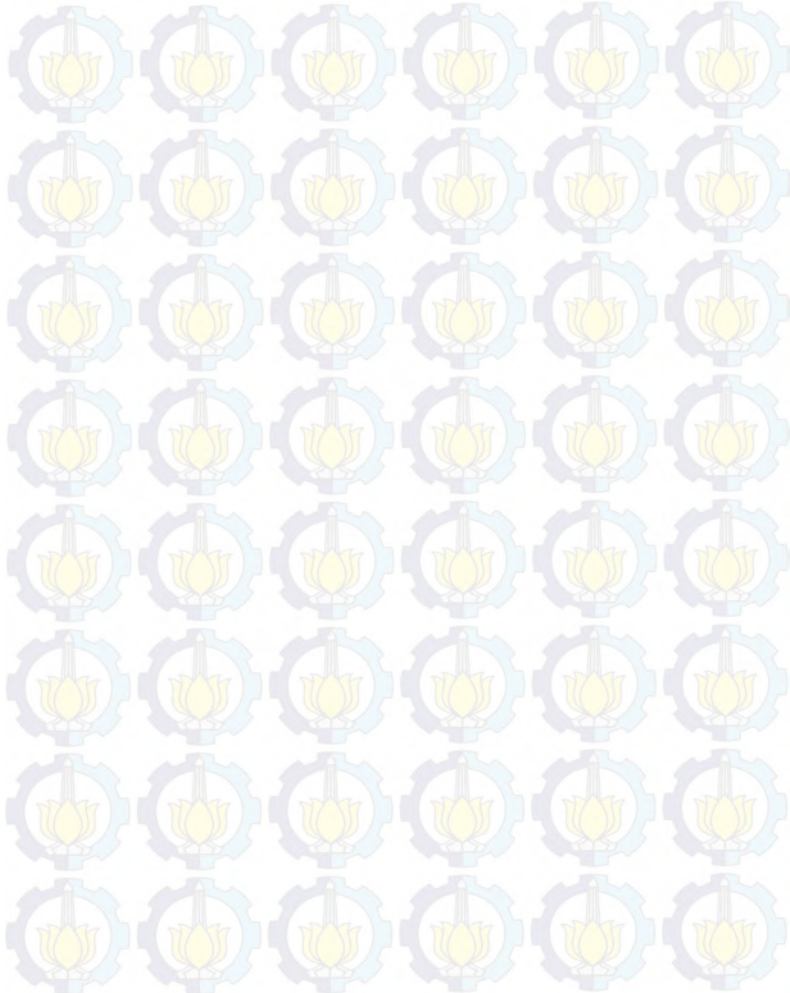
1. Kondisi Steady state
2. Maksimal variasi kecepatan pada 10500 rpm
3. Data disesuaikan yang ada pada software Lotus Engineering

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sistematika dalam penulisan adalah sebagai berikut :

- | | |
|---------|--|
| Bab I | Pendahuluan
Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah serta sistematika penulisan. |
| Bab II | Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori
Berisikan teori-teori pendukung yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini. |
| Bab III | Metodologi
Berisikan prosedur pelaksanaan dan pengambilan data serta prosedur dalam analisa. |
| Bab IV | Analisa dan Pembahasan
Berisikan tentang pengolahan data – data yang telah didapat kemudian dilakukan analisa lebih lanjut. |
| Bab V | Kesimpulan dan Saran |

Bab penutup ini berisikan kesimpulan dari hasil pengolahan data – data pengujian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian kedepannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA dan DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

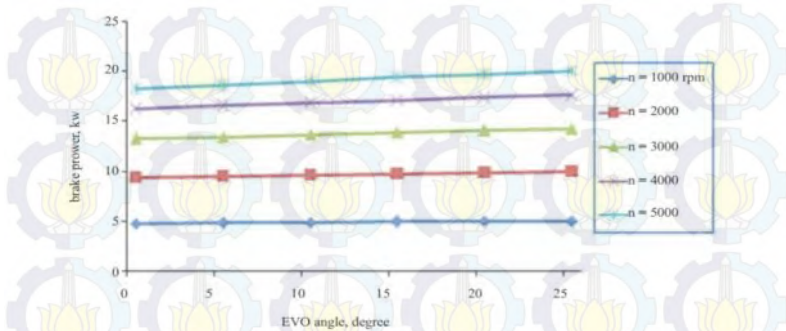
Penelitian terdahulu membahas mengenai Variable Valve Timing yang dilakukan oleh ^[7] Osama *et al.* bahwa pergerakan buka tutup katup yang optimal pada setiap kecepatan bisa memberikan pengaruh pada VVT untuk meningkatkan performa engine. Pada Penelitian ini dengan memvariasikan sudut pada EVO (Exhaust Valve Open) dari 0° – 25° dan EVC (Exhaust Valve Close) dari 0° – 60° dan kompresi rasio dijaga konstan dengan perbandingan 8:1 kemudian variasi kecepatan dari 1000-5000 rpm. Data spesifikasi engine yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Base engine geometry Greener Vehicles ^[7]

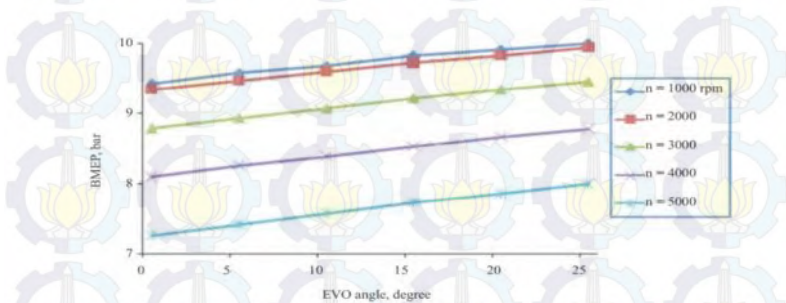
Type of engine	4-Stroke
Bore	95 mm
Stroke	85 mm
No.of cylinders	1
Compression ratio	8
Inlet throat dia.	31 mm
Exhaust throat dia.	26 mm
Max. valve lift	9.5 mm
IVO angle bTDC	54 deg
IVC angle aBDC	22 deg
EVO angle bBDC	22 deg
EVC angle bTDC	54 deg
Speed	1000 - 6000 rpm

Berdasarkan data base engine geometry Greener Vehicles dan kondisi saat running sesuai dengan tabel 2.1. Semua parameter dijaga konstan kecuali EVC angle. EVC angle

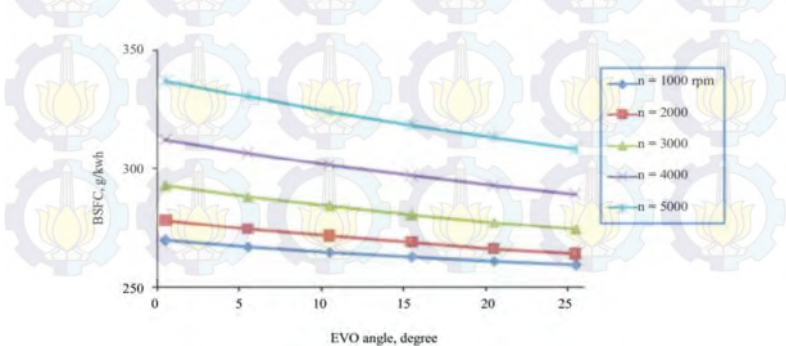
divariasikan dari nilai awal 54° aTDC turun ke 0° pada langkah TDC. Setelah disimulasikan maka didapatkan 6 grafik sebagai berikut :



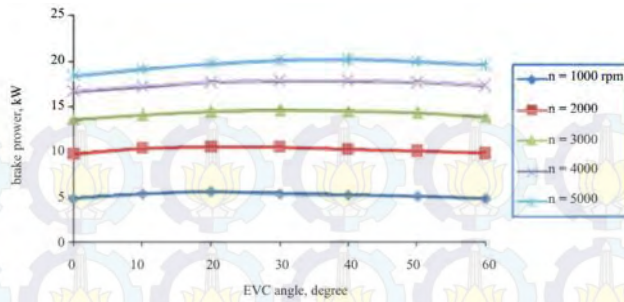
Gambar 2.1 Power versus EVO angle for different speed ^[7]



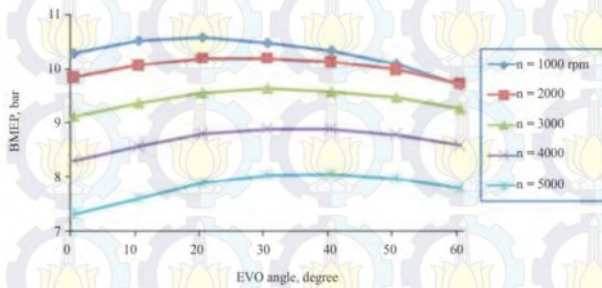
Gambar 2.2 BMEP versus EVO angle for different speed ^[7]



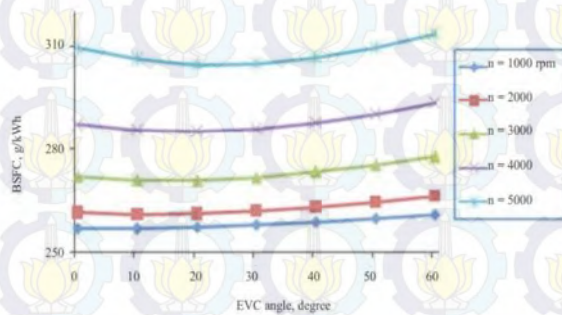
Gambar 2.3 BSFC versus EVO angle for different speed ^[7]



Gambar 2.4 Power versus EVC angle for different speed ^[7]



Gambar 2.5 BMEP versus EVC angle for different speed ^[7]



Gambar 2.6 BSFC versus EVC angle for different speed ^[7]

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa hanya sedikit pengaruh pada performa engine EVC angle dikurangi hingga kurang dari 25° pada kecepatan rendah. Adanya pengurangan performa engine dari pengurangan EVO angle pada semua kecepatan. Pengaruh pengurangan EVC menguntungkan bagi Power, BSFC, BMEP pada semua kecepatan engine.

Pada Penelitian lain yang dilakukan oleh ^[11] Darwan dengan membandingkan mesin bensin berteknologi VVT-i dengan platina. Pada penelitian ini perbandingan antara mesin bensin yang teknologi VVT-i dengan platina pada kendaraan mobil pribadi kapasitas 1298 CC. Kemudian parameter unjuk kerjanya berupa power dan konsumsi bahan bakar di hitung dan dibandingkan.

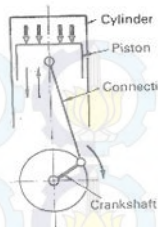
Dari hasil perhitungan didapatkan untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, daya yang dihasilkan teknologi VVT-i sebesar 44,179 kW, sedangkan tanpa teknologi VVT-i daya dihasilkan sebesar 43,154, sehingga kenaikannya 2,32%. Untuk putaran yang sama yaitu 3500 rpm, konsumsi bahan bakar teknologi VVT-i sebesar 251,5098 gr/kw jam, sedangkan untuk platina konsumsi bahan bakarnya sebesar 260,0889 gr/kw jam, sehingga penurunan 3,41%. Adanya perbedaan daya dan konsumsi bahan bakar yang signifikan antara mesin yang berteknologi VVT-i dengan mesin platina diputar 5000 rpm.

2.1. Dasar Teori

2.1.1. Prinsip kerja mesin bensin

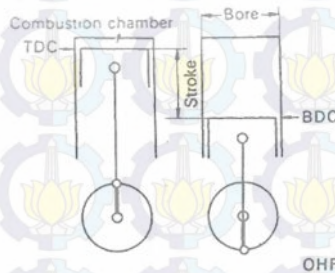
Campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder. Kemudian dikompresikan oleh torak saat bergerak naik. Bila campuran udara dan bensin terbakar dengan adanya api dari busi yang panas sekali, maka akan menghasilkan tekanan gas pembakaran yang besar di dalam silinder. Dari gerak lurus (naik turun) torak dirubah menjadi gerak putar pada poros engkol

melalui batang torak. Gerak putar inilah yang menghasilkan tenaga pada mobil seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Torak dan mekanisme cranking ^[13]

Posisi tertinggi yang dicapai oleh torak di dalam silinder disebut titik mati atas (TMA), dan posisi terendah yang dicapai torak disebut titik mati bawah (TMB). Jarak Bergeraknya torak antara TMA dan TMB disebut langkah torak (stroke) seperti terlihat pada Gambar 2.8. Campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder dan gas yang telah terbakar harus keluar, dan ini harus berlangsung secara tetap. Pekerjaan ini dilakukan dengan adanya gerakan torak yang turun-naik di dalam silinder, mengkompresikan, membakarnya dan mengeluarkan gas bekas dari silinder, disebut satu siklus.



Gambar 2.8 Langkah torak ^[13]

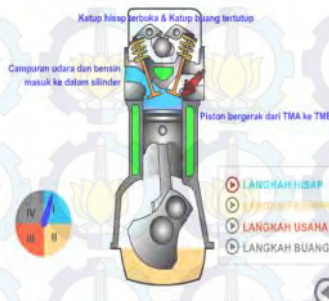
Ada juga mesin yang tiap siklusnya terdiri dari dua langkah torak. Mesin ini disebut mesin 2 langkah (two stroke engine).

Poros engkolnya berputar satu kali selama torak menyelesaikan dua langkah. Sedangkan mesin lainnya, tiap siklusnya terdiri dari empat langkah torak. Mesin ini disebut mesin empat langkah (four stroke engine). Poros engkol berputar dua putaran penuh selama torak menyelesaikan empat langkah dalam tiap satu siklus.

2.2.2. Prinsip kerja mesin 4 langkah

i. Langkah Hisap

Dalam langkah ini, campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bensin ke dalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (atmospheric pressure) seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Langkah hisap ^[2]

ii. Langkah Kompresi

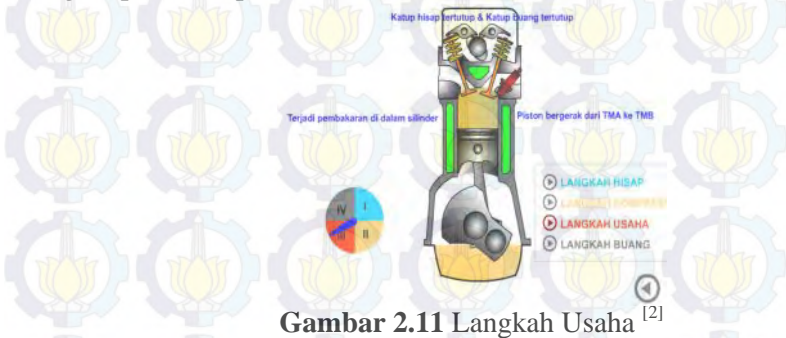
Dalam langkah ini, campuran udara dan bensin dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperatur menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar. Poros engkol berputar satu kali, ketika torak mencapai TMA seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Langkah kompresi ^[2]

iii. Langkah Usaha

Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah kompresi, busi memberi loncatan api pada campuran yang telah dikompresikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (engine power) seperti terlihat pada gambar 2.11.

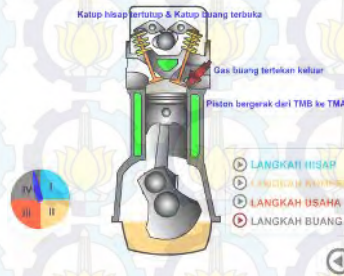


Gambar 2.11 Langkah Usaha ^[2]

iv. Langkah Buang

Dalam langkah ini, gas terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA, mendorong gas bekas ke luar dari silinder. Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan berikutnya, yaitu

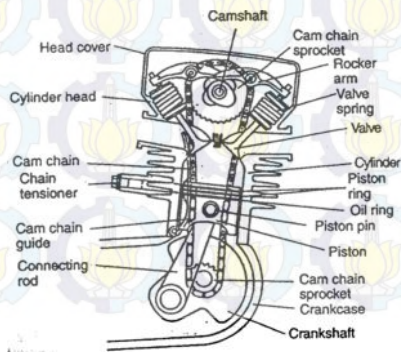
langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam 1 siklus terdiri dari 4 langkah, hisap, kompresi, usaha, buang yang merupakan dasar kerja dari pada mesin 4 langkah seperti terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Langkah buang ^[2]

2.2.3. Konstruksi mesin bensin

Mesin bensin terdiri dari mesin itu sendiri dan berbagai macam alat bantu lainnya. Sedang mesin itu sendiri terdiri dari blok silinder, kepala silinder, torak, poros engkol, dan mekanisme katup dan lain-lain seperti terlihat pada gambar 2.13. Alat bantu lainnya pada mesin dirancang untuk menolong kerja mesin. Diantaranya, pelumasan, pendinginan, pemasukan dan pembuangan (intake and exhaust), bahan bakar, dan sistem kelistrikan.



Gambar 2.13 Konstruksi mesin bensin ^[3]

2.2.4. Komponen Mesin bensin

a. Blok Silinder

1. Konstruksi

Blok silinder merupakan inti dari pada mesin, yang terbuat dari besi tuang. Belakangan ada beberapa blok silinder yang dibuat dari paduan aluminium. Seperti kita ketahui, bahwa aluminium ringan dan meradiasikan panas yang lebih efisiensi dibandingkan dengan besi tuang. Blok silinder dilengkapi rangka pada bagian dinding luar untuk memberikan kekuatan pada mesin dan membantu meradiasikan panas.

Blok silinder terdiri dari beberapa lubang tabung silinder, yang di dalamnya terdapat torak yang bergerak turun-naik. Silinder-silinder ditutup bagian atasnya oleh kepala silinder yang dijamin oleh gasket kepala silinder yang letaknya antara blok silinder dan kepala silinder. Crankcase terpasang di bagian bawah blok silinder dan poros engkol. Poros nok juga diletakkan dalam blok silinder, hanya pada tipe OHV (Over Head Valve). Pada mesin yang modern poros nok berada di dalam kepala silinder.

Silinder-silinder dikelilingi oleh mantel pendingin (water jacket) untuk membantu pendinginan. Perlengkapan lainnya seperti starter, alternator, pompa bensin, distributor dipasangkan pada bagian samping blok silinder. Pada gambar 2.14 merupakan salah satu contoh dari blok silinder.



Gambar 2.14 Blok silinder ^[9]

2. Silinder

Tenaga panas (thermal energy) yang dihasilkan oleh pembakaran bensin dirubah ke dalam tenaga mekanik dengan adanya gerak naik-turun torak dalam tiap-tiap silinder. Mesin juga harus memenuhi kedua kebutuhan, dengan tujuan untuk merubah tenaga panas menjadi energi mekanik seefisien mungkin. Pada saat pembuatan silinder harus mempertimbangkan aspek sebagai berikut :

- Tidak boleh terdapat kebocoran campuran bahan bakar dan udara saat berlangsungnya kompresi atau kebocoran gas pembakaran antara silinder dan torak.
- Tahanan gesek antara torak dan silinder harus sekecil mungkin.

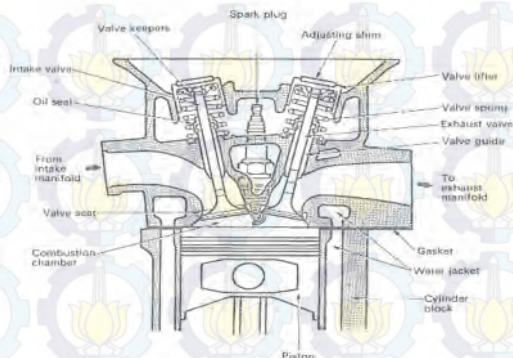
b. Kepala Silinder

1. Konstruksi

Kepala silinder (cylinder head) ditempatkan dibagian atas blok silinder. Pada bagian bawah kepala silinder terdapat ruang bakar dan katup-katup. Kepala silinder harus tahan terhadap temperatur dan tekanan yang tinggi selama mesin bekerja. Oleh

sebab itu, umumnya kepala silinder dibuat dari besi tuang.

Akhir-akhir ini banyak mesin yang kepala silindernya dibuat dari paduan aluminium. Kepala silinder yang terbuat dari paduan aluminium memiliki kemampuan pendinginan lebih besar dibandingkan dengan yang terbuat dari besi tuang. Pada kepala silinder juga dilengkapi dengan mantel pendingin yang dialiri air pendingin yang datang dari blok silinder untuk mendinginkan katup-katup dan busi. Kepala silinder seperti terlihat pada gambar 2.15.



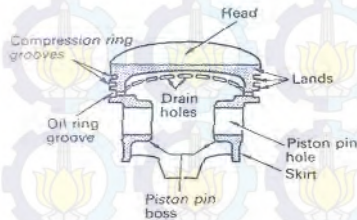
Gambar 2.15 Cylinder head ^[13]

c. Torak

1. Konstruksi

Torak bergerak turun naik di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran, dan utama pembuangan. Fungsi utama torak untuk menerima tekanan pembakaran dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol melalui batang

torak (connecting rod). Torak terus menerus menerima temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga harus dapat tahan saat mesin beroperasi pada kecepatan tinggi pada periode waktu yang lama. Pada umumnya torak dibuat dari paduan aluminium. Selain lebih ringan, radiasi panasnya juga lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya. Nama bagian-bagian pada torak, seperti digambarkan pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Torak ^[13]

d. Pena torak

Pena torak (piston pin) menghubungkan torak dengan bagian ujung yang kecil (small end) pada batang torak. Dan meneruskan tekanan pembakaran yang berlaku pada torak ke batang torak. Pena torak berlubang di dalamnya untuk mengurangi berat yang berlebihan dan kedua ujung ditahan oleh bushing pena torak (piston pin boss). Pena torak terlihat pada gambar 2.17.

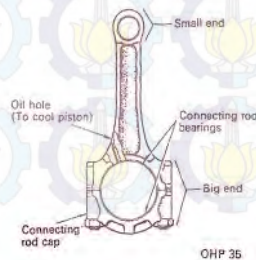


Gambar 2.17 Pena torak ^[13]

e. Batang Torak

Batang torak menghubungkan torak ke poros engkol dan selanjutnya meneruskan tenaga yang dihasilkan oleh torak ke poros engkol. Bagian ujung batang torak yang berhubungan dengan pena torak disebut small end. Sedang yang lainnya yang berhubungan dengan poros engkol disebut big end.

Crank pin berputar pada kecepatan tinggi di dalam big end, dan mengakibatkan temperatur menjadi tinggi. Untuk menghindari hal tersebut yang diakibatkan panas, metal dipasang di dalam big end. Metal ini dilumasi dengan oli dan sebagian dari oli ini dipercikan dari lubang oli ke bagian dalam torak untuk mendinginkan torak. Batang torak terlihat seperti gambar 2.18.



Gambar 2.18 Batang torak ^[13]

f. Poros engkol

Tenaga yang digunakan untuk menggerakkan roda kendaraan dihasilkan oleh gerakan batang torak dan dirubah menjadi gerak putaran pada poros engkol. Poros engkol menerima beban yang yang besar dari torak dan batang torak serta berputar pada kecepatan tinggi. Dengan alasan tersebut poros engkol umumnya dibuat dari baja carbon dengan tingkatan serta mempunyai daya tahan yang tinggi. Konstruksi poros engkol seperti diperlihatkan pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Poros engkol ^[13]

Crank journal ditopang oleh bantalan poros engkol (crankshaft bearing) pada crankcase dan poros engkol berputar pada journal. Masing-masing crank journal mempunyai crank arm, atau arm dan crankpin yang letaknya di bagian ujung armnya. Crankpin terpasang pada crankshaft tidak satu garis (offset) dengan porosnya. Counter balance weight dipasangkan seperti pada gambar untuk menjamin keseimbangan putaran yang ditimbulkan selama mesin beroperasi. Poros engkol dilengkapi lubang oli untuk menyalurkan oli pelumasan pada crank journal, bantalan batang torak, pena torak dan lain-lain.

g. Roda penerus

Roda penerus (flywheel) dibuat dari baja tuang dengan mutu yang tinggi yang diikat oleh baut pada

bagian belakang poros engkol pada kendaraan yang menggunakan transmisi manual. Poros engkol menerima tenaga putar (rotational force) dari torak selama langkah usaha. Tapi tenaga itu hilang pada langkah-langkah lainnya. Seperti inertia loss, dan kehilangan akibat gesekan.

Roda penerus menyimpan tenaga putar (inertia) selama proses langkah lainnya kecuali langkah usaha oleh sebab itu poros engkol berputar secara terus menerus. Hal ini menyebabkan mesin berputar dengan lembut yang diakibatkan getaran tenaga yang dihasilkan. Roda penerus dilengkapi dengan ring gear yang dipasangkan di bagian luar gunanya untuk perkaitan dengan gigi pinion dari motor starter. Pada kendaraan yang menggunakan transmisi otomatis, sebagai pengganti flywheel digunakan torque converter. Roda penerus terlihat seperti gambar 2.20.



Gambar 2.20 Roda penerus ^[9]

h. Sumbu Nok

Sumbu nok (camshaft) dilengkapi dengan sejumlah nok yang sama yaitu katup hisap dan katup buang, dan nok ini membuka dan menutup katup sesuai timing (saat) yang ditentukan. Gigi penggerak distributor (distributor drive gear) dan nok penggerak pompa bensin (fuel pump drive cam) juga dihubungkan dengan sumbu nok. Sprocket dan sebuah puli yang menempel pada ujung

sumbu digerakkan oleh poros engkol . mesin DOHC lainnya juga mempunyai tambahan roda gigi untuk menggerakkan sumbu nok. Bagian- bagian nok terlihat seperti gambar 2.21.



Gambar 2.21 Sumbu nok ^[13]

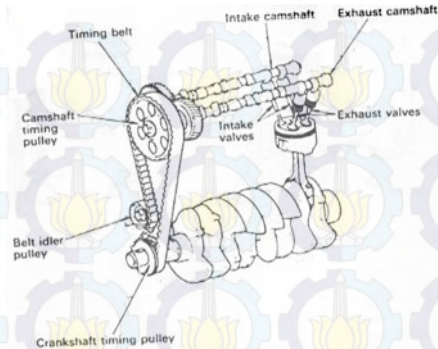
i. Mekanisme Katup

1. Konstruksi

Gambar 2.22 adalah konstruksi dari mekanisme katup yang digunakan pada mesin 4 langkah. Mesin 4 langkah mempunyai langkah hisap, kompresi, usaha dan buang, tetapi bekerjanya katup hanya dibutuhkan dalam dua proses langkah yaitu langkah hisap dan langkah buang. mekanisme katup ini dirancang sedemikian rupa sehingga sumbu nok (camshaft) berputar satu kali untuk menggunakan katup hisap dan katup buang setiap dua kali berputarnya poros engkol. Pull timing crankshaft dipasang pada ujung poros engkol (crankshaft) dan puli timing camshaft dipasang pada ujung exhaust camshaft.

Exhaust camshaft digerakkan oleh poros engkol melalui timing belt. Intake camshaft digerakkan oleh gigi-gigi yang berkaitan pada intake dan exhaust camshaft. Jumlah dari gigi camshaft timing pulley dua kali dari gigi crankshaft timing pulley yang mana sumbu nok hanya

berputar satu kali untuk setiap 2 kali putaran poros engkol.



Gambar 2. 22 Konstruksi mekanisme katup ^[13]

2. Komponen Mekanisme Katup

a) Poros Cam

Poros cam merupakan proyeksi eksentrik pada poros yang berputar yang digunakan untuk mengatur pembukaan dan penutupan katup dengan berbagai perantara mekanik seperti yang disebutkan diatas. Bentuk atau profil dari cam menentukan titik pergerakan, kecepatan pembukaan dan penutupan katup, serta besarnya pengangkatan katup dari dudukannya. Profil dari cam umumnya ada tiga macam yaitu, sisi lurus (tangensial), sisi cekung, dan sisi cembung.

1. Cam Sisi Lurus

Untuk sisi cam lurus biasanya digunakan untuk mesin dengan kecepatan rendah. Dalam hal ini, garis kerja cam ditarik lurus menyinggung lingkaran dasar sebesar sudut yang mengapit sudut kerja.

Bentuk dari cam sisi lurus terlihat pada gambar 2.23.



cam sisi lurus

Gambar 2.23 Cam sisi lurus ^[8]

2. Cam Sisi Cekung

Cam dengan sisi cekung jarang dipakai diakibatkan pembukaan terlalu besar. Pembukaan yang terlalu besar akan membuat gaya percepatan yang besar pada sisi cam sehingga keausan akan besar. Cam tipe ini juga mengakibatkan pembukaan katup yang terlalu lebar sehingga gaya kelembamannya besar, dengan hal tersebut maka akan timbul kerusakan, suara yang berisik dan katup cepat aus. Bentuk cam sisi cekung terlihat pada gambar 2.24.



cam sisi cekung

Gambar 2.24 Cam sisi Cekung ^[8]

3. Cam Sisi Cembung

Cam dengan sisi cembung akan menghasilkan kecepatan yang kecil dibandingkan dengan sisi cekung. Cam ini lebih baik karena pembukaan dan penutupan katup dilakukan dengan cepat dan tepat. Cam jenis ini banyak digunakan karena dapat bekerja pada motor dengan

kecepatan yang tinggi. Bentuk cam sisi cembung terlihat pada gambar 2.25.

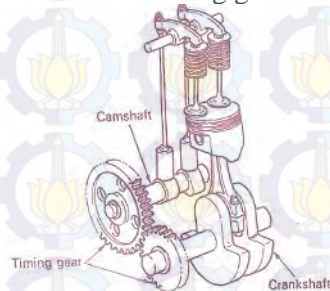


Gambar 2.25 Cam sisi cembung ^[8]

b) Metode menggerakkan Katup

1. Model Timing Gear

Metode ini digunakan pada mekanisme katup jenis mesin OHV (Over Head Valve), yang letak sumbu noknya di dalam blok silinder. Timing gear biasanya menimbulkan bunyi yang besar dibanding dengan rantai (timing chain), sehingga mesin bensin model penggerak katup ini menjadi kurang populer pada mesin bensin jaman modern ini. Gambar 2.26 merupakan konstruksi dari model timing gear.

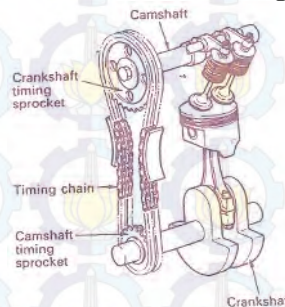


Gambar 2.26 Timing gear ^[13]

2. Model Timing Chain

Model ini digunakan pada mesin OHC (Over Head Camshaft) dan DOHC (Dual

Overhead Camshaft) sumbu noknya terletak di atas kepala silinder. Sumbu nok digerakkan oleh rantai (timing chain) dan roda gigi sprocket sebagai pengganti timing gear. Timing Chain dan roda gigi sprocket dilumasi dengan oli. Tegangan rantai (chain tension) diatur oleh chain tensioner. Chain vibration (getaran rantai) dicegah oleh chain vibration damper. Sumbu nok yang digerakkan oleh rantai hanya sedikit menimbulkan bunyi dibanding dengan roda gigi (gear driven) dan jenis ini amat populer. Gambar 2.27 merupakan konstruksi dari Timing Chain.

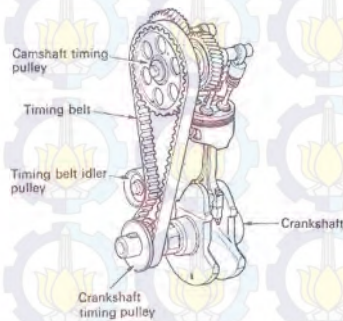


Gambar 2.27 Timing chain ^[13]

3. Model Timing Belt

Sumbu nok (camshaft) digerakkan oleh sabuk yang bergigi sebagai pengganti timing chain. Sabuk (belt) selain tidak menimbulkan bunyi dibanding dengan rantai (chain), juga tidak diperlukan pelumasan serta penyetelan tegangan. Kelebihan lainnya, belt lebih ringan dibanding dengan model lainnya. Oleh karena itu, model ini banyak digunakan

pada mesin. Belt penggerak sumbu nok ini dibuat dari fiberglass yang diperkuat dengan karet sehingga mempunyai daya regang yang baik dan hanya mempunyai penguluran yang kecil bila terjadi panas. Gambar 2.28 merupakan konstruksi dari timing belt.



Gambar 2.28 Timing belt ^[13]

c) Katup

Katup merupakan bagian utama dari mekanisme katup yang menjadi saluran masuk campuran udara dan bahan bakar dan saluran buang untuk gas sisa pembakaran. Katup juga diharuskan mampu menutup rapat saat langkah kompresi. Konstruksi katup terlihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 Katup ^[1]

Katup harus kuat menerima pembebanan pada ujung batang katup dari pelatuk atau dari cam, dan harus kuat pada batang katup karena menerima keausan saat bekerja. Daun katup harus kuat dari tumbukan dan harus dapat menahan panas dengan suhu $\pm 800^{\circ}\text{C}$.

Konstruksi dari katup hisap adalah daun katup hisap dibuat lebih besar dengan tujuan untuk memperbaiki sistem pengisian campuran bahan bakar dan udara sedangkan daun katup buang dibuat lebih kecil dengan tujuan untuk mempercepat laju pembuangan dari gas bekas pembakaran, katup terbuat dari baja krom dan silikon, pada bagian ujung batang dan daun katup diperkeras untuk mengurangi atau memperkecil keausan.

Konstruksi dari katup buang adalah batang katup buang dibuat agar dapat memperlancar luncuran, katup dibuat agar mampu menahan panas yang tinggi $\pm 800^{\circ}\text{C}$.

d) Pelatuk

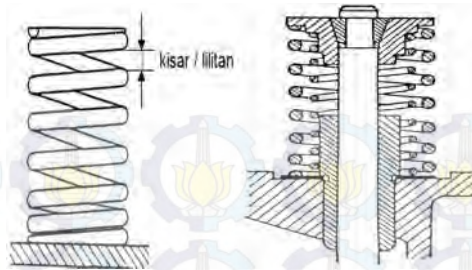
Pelatuk bekerja untuk menekan batang katup agar membuka melawan gaya pegas. Pelatuk akan menekan ketika tonjolan poros cam mengenai pelatuk. Ketika tonjolan pada poros cam tidak menyentuk katup maka posisi katup dalam keadaan tertutup. Perkembangan pelatuk pada sisi sentuhnya dipasang roller agar pengangkatan katup lebih cepat dan ringan karena rol dapat berputar sehingga dapat meningkatkan efektivitas kerja mekanik katup. Pelatuk terlihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 Pelatuk ^[8]

e) Pegas

Pegas berfungsi untuk mengatur agar katup rapat dengan dudukannya dan sebagai pengembali katup. Pegas katup ada yang menggunakan tunggal dan ada yang menggunakan ganda. Pada gambar 2.31 terlihat pegas katup tunggal dan ganda.



Gambar 2.31 Pegas katup tunggal dan Ganda ^[1]

Pegas katup tunggal mempunyai jarak kisar yang berbeda yang berfungsi untuk mengurangi getaran. Pegas katup ganda mempunyai keunggulan saat pegas katup patah maka katup tidak akan masuk ke ruang bakar karena masih mempunyai pegas cadangan dan pegas katup ganda juga mempunyai frekuensi redam yang berbeda antara pegas sehingga dapat meredap getaran katup.

Pegas katup yang lemah akan berakibat katup tidak akan menutup rapat dan pada putaran tinggi katup meloncat loncat sehingga tenaga mesin akan berkurang dan juga akibat yang fatal adalah rusaknya komponen seperti katup atau torak karena bertabrakan. Pegas katup yang kuat akan berakibat keausan pada penggerak katup akan lebih besar dan tuas-tuas katup bisa patah.

3. Cara kerja Mekanisme Katup

Bila poros engkol berputar menyebabkan exhaust camshaft juga berputar melalui timing belt, sedangkan intake camshaft diputar oleh exhaust camshaft melalui roda-roda gigi. Bila sumbu nok (camshaft) berputar, nok

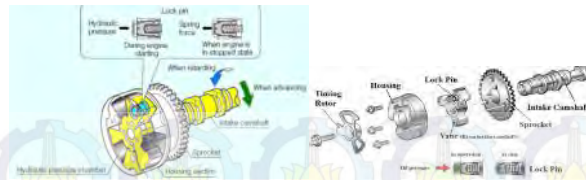
akan menekan ke bawah pada valve filter dan membuka katup. Bila sumbu nok terus berputar, maka katup akan menutup dengan adanya tekanan pegas. Setiap sumbu nok berputar satu kali, akan membuka dan menutup katup hisap dan katup buang satu kali pada setiap 2 putaran poros engkol.

4. Teknologi Mekanisme katup

a) VVT-i

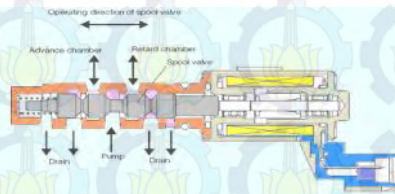
VVT-i (Variable Valve Timing Intelligent) merupakan teknologi yang mengatur sistem kerja katup pemasukan bahan bakar secara elektronik, baik dalam hal waktu maupun ukuran buka tutup katup sesuai dengan besar putaran mesin sehingga menghasilkan tenaga yang optimal, hemat bahan bakar dan ramah lingkungan. Cara kerja dari mesin VVT-i pada prinsipnya ialah pengaturan maju dan mundurnya pembukaan katup secara variasi yang diatur oleh gerakan poros cam lebih cepat atau lebih lambat, untuk menentukan kerja mekanik katup secara tepat yaitu saat kapan membuka katup lebih cepat atau lebih lambat. Kerja dari katup ini menyesuaikan dengan beban mesin dan putaran mesin.

Prinsip kerja dari VVT-i Controller ialah bergerak Advance (maju), Retard (mundur) atau Retention (menahan) antara sudu-sudu dengan rodanya. Sudu-sudu tersebut terpasang rigid terhadap poros cam dan roda VVT-i terhubung dengan timing chain atau timing belt yang digerakkan oleh poros engkol. Gambar 2.32 merupakan konstruksi dari VVT-i Controller.



Gambar 2.32 VVT-i Controller ^[5]

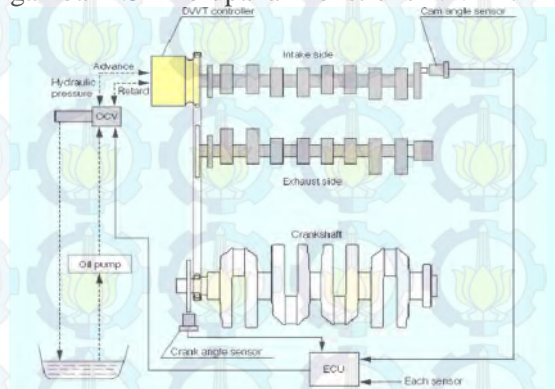
OCV (Oil Control Valve) merupakan pengatur katup aliran oli ke VVT-i Controller sehingga poros cam maju dan mundur untuk menentukan selisih sudut pembukaan katup dengan waktu dan durasi yang tepat. Data masukan yang membuat kontrol VVT-i berkerja diperoleh dari sensor-sensor seperti crank angle dan cam angle. Gambar 2.33 merupakan konstruksi dari OCV (Oil Control Valve).



Gambar 2.33 OCV (Oil Control Valve) ^[5]

ECU (Electrical Control Unit) merupakan perangkat yang bertugas menerima masukan dari sensor yang kemudian dikalkulasikan untuk mencari kondisi optimum. ECU mengatur kerja OCV sesuai dengan putaran mesin. Data masukan yang membuat ECU berkerja diperoleh dari sensor-sensor seperti crank angle dan cam angle. Camshaft Angel Sensor merupakan sensor yang berguna untuk

mengetahui kedudukan camshaft. Perubahan kedudukan camshaft dideteksi oleh Camshaft Angle sensor dan signalnya dikirimkan ke ECU sebagai update posisi / kedudukan camshaft. Sedangkan Crank Angle Sensor merupakan sensor berguna memberi tahu ECU kecepatan putaran mesin dengan tepat. Pada gambar 2.34 merupakan konstruksi VVT-i.



Gambar 2.34 Konstruksi VVT-i ^[5]

Teknologi VVT-i dimana teknologi ini mengatur Valve Timing dan bukaan Katup secara elektronik sehingga memiliki peranan dan fungsi sebagai berikut :

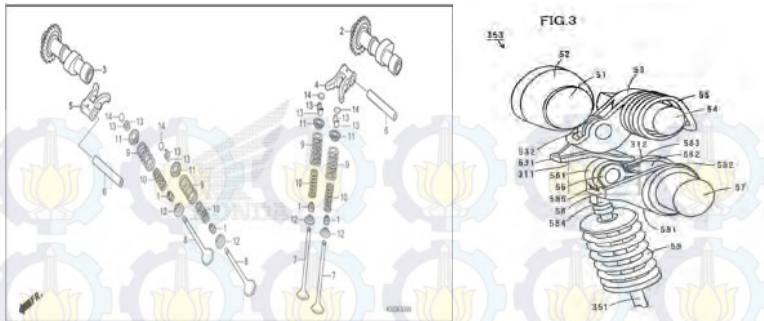
1. Tenaga yang optimal disetiap putaran mesin, Sistem katup mendukung proses pembakaran lebih efektif dalam menghasilkan tenaga yang maksimal.
2. Hemat Bahan Bakar hingga 6%, Pengaturan katup elektronik membuat konsumsi bahan bakar menjadi hemat dan efesien.

3. Gas Buang Ramah Lingkungan, Suplai bahan bakar dan udara yang diatur oleh sistem kerja katup membuat pembakaran menjadi sempurna, dan gas buang yang dihasilkan menjadi bersih.

2.2.5 Konstruksi Mekanisme Katup Sepeda Motor Honda CBR 250 R

Pada Katup sepeda motor Honda CBR 250 R mempunyai 4 klep dan menerapkan sistem DOHC. Sistem DOHC sendiri yaitu singkatan dari Double Over Head Camshaft. Jika diartikan maka dua poros cam yang terpasang pada kepala silinder mesin. Dimana dua klep untuk mengatur masukan bahan bakar dan dua klep untuk mengatur keluaran gas buang (menuju knalpot).

Pada sistem DOHC mempunyai katup yang lebih banyak maka aliran gas yang masuk lebih mudah sehingga jumlah gas yang masuk lebih banyak. Saat putaran tinggi mesin DOHC lebih unggul karena memiliki tenaga yang melimpah. Sedangkan saat putaran rendah mesin tipe ini justru akan kurang tenaga karena tenaganya habis untuk menggerakkan dua poros cam dan katup yang lebih banyak. Akibat lainnya dari mesin DOHC adalah konsumsi bahan bakar yang cenderung lebih banyak. Karena untuk menggerakkan mesinnya dibutuhkan tenaga yang lebih besar, sehingga membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak. Komponen mekanisme katup Honda CBR 250 R seperti terlihat pada gambar 2.35.



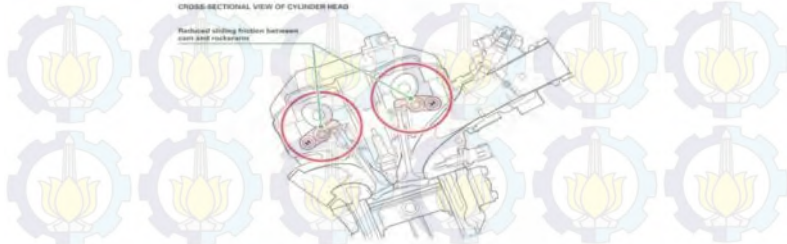
Gambar 2.35 Komponen mekanisme katup Honda CBR 250 R ^[9]

Keterangan Gambar :

- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. Seal | 8. Valve EX |
| 2. Camshaft IN | 9. Spring, valve outer |
| 3. Camshaft EX | 10. Spring, valve inner |
| 4. Rocker Arm IN | 11. Retainer |
| 5. Rocker Arm EX | 12. Seat |
| 6. Shaft | 13. Cotter |
| 7. Valve IN | 14. Shim |

Untuk cam yang digunakan menggunakan cam sisi cembung. Terlihat pada gambar di atas nomer 2 dan 3. Karena menerapkan sistem DOHC, penggerak katup menggunakan sistem Timing chain. Pada Rocker arm memasang rocker arm model roller seperti terlihat pada gambar 2.36. Dengan ini Bobot rocker arm tetap ringan karena menggunakan shim (bukan setelan klep manual). Ketegangan pegas klep juga bisa disetting lebih ringan sehingga gesekan dan tekanan saat mesin berputar menjadi sangat kecil. Hal ini sangat mendukung untuk mesin putaran

tinggi. Untuk pegas sendiri menggunakan model pegas katup tunggal terlihat pada gambar nomer 9 dan 10.



Gambar 2.36 Roller Rocker Arm ^[6]

2.2.6 Performa Engine

Dasar dari engine otomotif diartikan dari volume langkah, jumlah silinder, konfigurasi engine yang dimiliki, dan power. Engine power [kw] diberikan dengan persamaan :

$$P = \frac{\bar{p} \cdot V_d \cdot n}{1200} \quad (1)$$

Dimana,

\bar{p} = Brake Mean Effective Pressure (BMEP) [bar]

V_d = stroke volume [liter]

n = kecepatan engine [rpm]

BMEP pada engine, beroperasi pada rasio udara-bahan bakar tetap (AFR) dan nilai kalor spesifik bahan bakar (Q_v) sebanding dengan efisiensi volumetric, efisiensi thermal, dan efisiensi pembakaran dengan persamaan :

$$\bar{p} \propto \frac{Q_{hv}}{AFR} \eta_{ib} \eta_v \eta_{comb} \quad (2)$$

Secara teoritis, besarnya Q_{hv} dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{hv} = 33950C + 144200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400 S \quad (3)$$

Q_{hv} = nilai kalor atas (kj/kg)

C = persentase karbon dalam bahan bakar

H_2 = persentase Hidrogen dalam bahan bakar

O_2 = Persentase oksigen dalam bahan bakar

S = persentase Sulfur dalam bahan bakar

Untuk memperoleh pembakaran sempurna, bahan bakar harus dicampur dengan udara dengan perbandingan tertentu. Perbandingan ini disebut Air Fuel Ratio (AFR) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$AFR = \frac{m_u}{m_f} \quad (4)$$

m_u = laju aliran udara (kg/jam)

m_f = laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Jika sebuah mesin empat langkah dapat menghisap udara pada kondisi isapnya sebanyak volume langkah toraknya untuk setiap langkah isapnya, maka itu merupakan sesuatu yang ideal. Namun hal itu tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya, dimana massa udara yang dapat dialirkan selalu lebih sedikit dari perhitungan teoritisnya. Penyebabnya antara lain tekanan yang hilang (losses) pada sistem induksi dan efek pemanasan yang mengurangi kerapatan udara yang memasuki silinder. Efisiensi volumetrik dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_v = \frac{\text{berat udara segar yang terisap}}{\text{berat udara sebanyak langkah torak}} = \frac{2 \cdot m_a}{60 \cdot n \cdot \rho \cdot V_d} \quad (5)$$

η_v = efisiensi volumetris (%)

m_a = laju alir udara (kg/jam)

n = Kecepatan engine (rpm)

ρ = kerapatan udara (kg/m³)

V_d = Volume langkah Torak (m³)

Efisiensi termal T mengindikasikan seberapa besar energi dari bahan bakar dikonversi menjadi tenaga. Motor-motor bakar dengan perbandingan kompresi rendah memiliki T 0.26. Untuk perbandingan kompresi tinggi memiliki T 0.34. Efisiensi pembakaran (η_{comb}) dicari dengan mengurangi jumlah total energi panas yang dilepas oleh pembakaran dengan energi panas yang lolos melewati saluran buang (knapot), dibagi dengan total energi panas.

$$\eta_{comb} = \frac{Q_{in} - Q_{losses}}{Q_{in}} \times 100 \% \quad (6)$$

Q_{in} = Energi panas total hasil pembakaran (kalori, Joule)

Q_{losses} = energi panas yang lolos melewati saluran buang (knapot) (kalori, Joule)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja engine yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah engine, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya dalam selang waktu tertentu. Untuk mencari banyaknya bahan bakar spesifik yang digunakan (BSFC) dengan menggunakan rumus :

$$BSFC = \frac{r}{P} \quad (7)$$

Dimana,

BSFC = Brake Specific Fuel Consumption (g/j) dengan konversi $\text{g/j} = (\text{g/kwhr}) / (3.6 \times 10^6)$

r = konsumsi bahan bakar rata-rata dalam gram per sekon (g/s)

P = Daya (Watt)

Untuk Torsi (T) dan daya (P) dicari dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{2 \pi n}{60} T \quad (8)$$

P = Daya (watt)

T = torsi engine dalam (N.m)

n = Kecepatan engine (rpm)

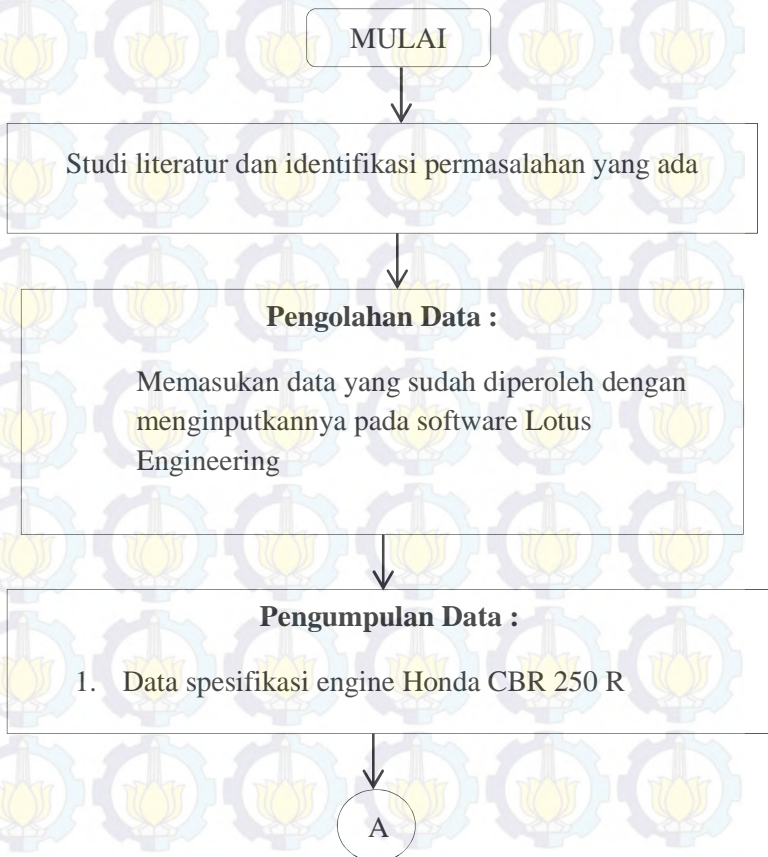
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

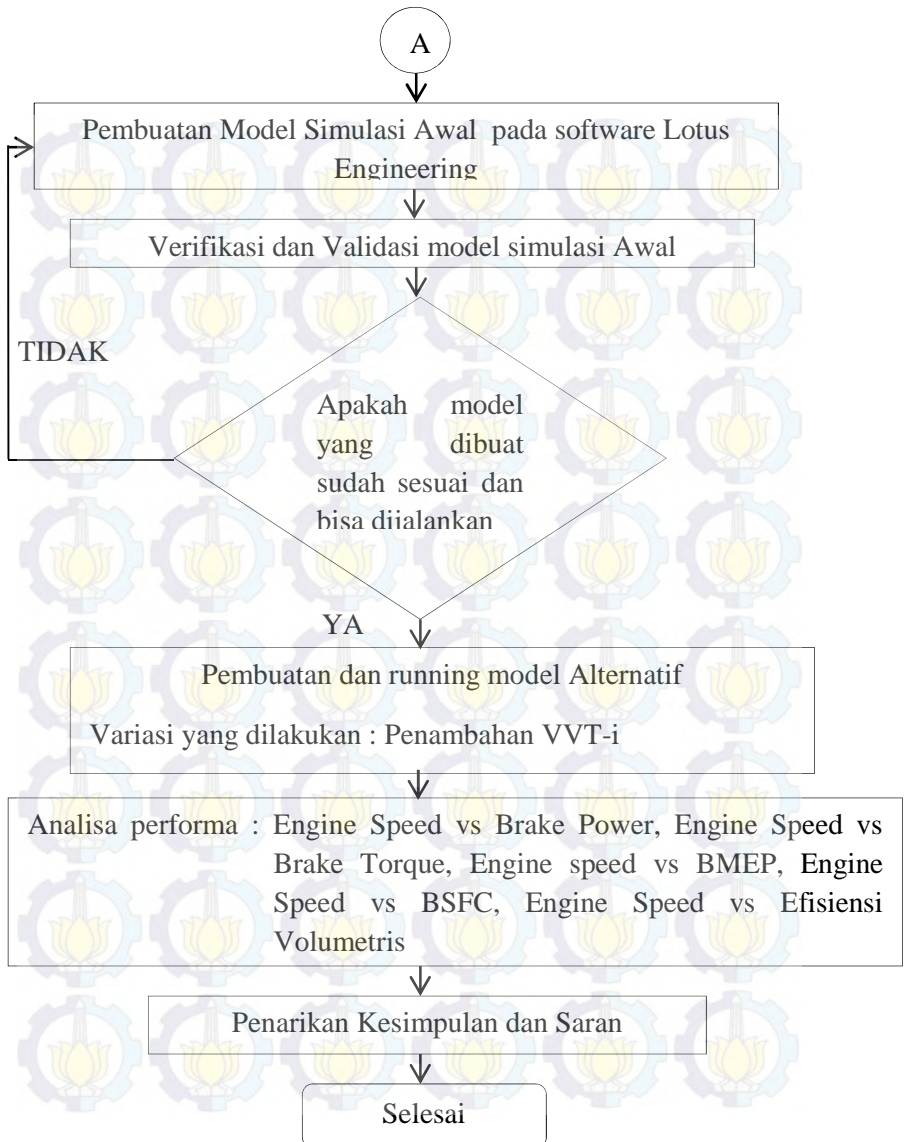
BAB III

METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini akan dilaksanakan mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi literatur dan Identifikasi permasalahan

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang dapat dijadikan topik tugas akhir. Tahap ini juga menyangkut area yang spesifik yaitu VVT-i (Variable Valve timing Intelligent) pada sepeda motor Honda CBR 250 R yang dapat digunakan sebagai objek penelitian. Hal yang menjadi dasar dari identifikasi masalah adalah permasalahan seperti yang telah dikemukakan sebelumnya pada latar belakang.

3.2.2 Pengumpulan Data

Untuk menunjang Tugas Akhir ini, dilakukan pengumpulan data-data dari berbagai sumber. Data-data yang diperoleh antara lain :

1. Data spesifikasi engine sepeda motor Honda CBR 250 R.

Tabel 3.1 Data spesifikasi engine sepeda motor Honda CBR 250 R

Engine Configuration	Single, 4-Stroke
Engine Displacement	249 cc
Compression Ratio	10.7 : 1
Intake Valves per Cylinder	2
Exhaust Valves per Cylinder	2
Bore x Stroke	76 mm x 55 mm
Claimed Peak Torque	14.71lbs.-ft @ 6,900

3.2.3 Pengolahan Data





Data-data yang telah diperoleh dari berbagai sumber baik cetak maupun elektronik dipilih mana yang diperlukan. Kemudian data yang diperlukan diinputkan pada masing masing simbol disesuaikan dengan inputan yang ada pada software Lotus Engineering.




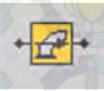

3.2.4 Pembuatan Model Simulasi dan Running Model

Pembuatan Model simulasi dilakukan setelah proses pengumpulan data selesai. Setelah pengumpulan data selesai langkah selanjutnya yaitu :

1. Membuka software Lotus Enginnering.

Tabel 3.2 Daftar Simbol pada Software Lotus Engineering

	Default silinder
	Intake port
	Intake valve
	Default pipe

	Default inlet
	Intake Throttle
	Default Exhaust valve
	Default Exhaust port
	Default Exit

2. Menambahkan Silinder.
3. Menambahkan intake valve pada cylinder.
4. Menambahkan exhaust valve pada Cylinder.
5. Menambahkan intake port pada intake valve.
6. Menambahkan exhaust port pada exhaust valve.
7. Menambahkan pipa pada intake port.
8. Menambahkan intake Throttle pada pipa.
9. Menambahkan Default inlet pada throttle.
10. Menambahkan Default exit pada exhaust port dan model selesai.



3.2.5 Verifikasi dan Validasi Model

Cara umum yang dilakukan dengan melihat konvergensinya. Apabila Y dikatakan Konvergen dan N dikatakan tidak Konvergen. Dalam konteks ini, validasi model mengacu pada bagaimana membangun model yang benar. Tahap ini digunakan untuk menentukan apakah model simulasi yang telah dirancang sesuai dengan kondisi real yang ada pada engine.

3.2.6 Pembuatan model Alternatif

Tahap selanjutnya adalah pembuatan beberapa skenario atau alternatif model lain yang bertujuan untuk mengetahui perubahan dari performa engine. Alternatif yang diberikan meliputi beberapa variasi yaitu dengan penambahan pemodelan VVT-i pada model yang sudah dibuat sebelumnya.

3.2.7 Analisa Data

Dari masing-masing model simulasi dapat dianalisa bagaimana Engine speed vs Brake Power, Engine speed vs brake torsi, Engine speed vs BMEP, Engine Speed vs BSFC, Engine Speed vs Efisiensi Volumetris.

3.2.8 Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian tugas akhir ini. Setelah model alternatif dianalisa, maka akan dapat ditemukan perubahan performa engine dan bisa dijadikan kesimpulan.



BAB IV

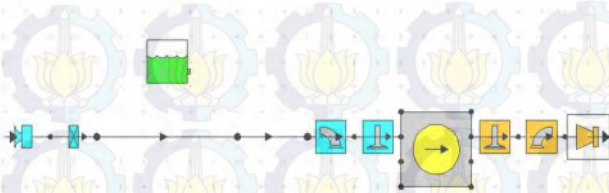
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Model dengan Penambahan VVT-i

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai proses pembuatan model awal simulasi sepeda motor Honda CBR 250 R dengan software Lotus Engineering. Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana proses pembuatan model alternatif yaitu model dengan penambahan VVT-i.

Langkah-langkah Proses pembuatan model dengan penambahan VVT-i :




1. Persiapan model awal.



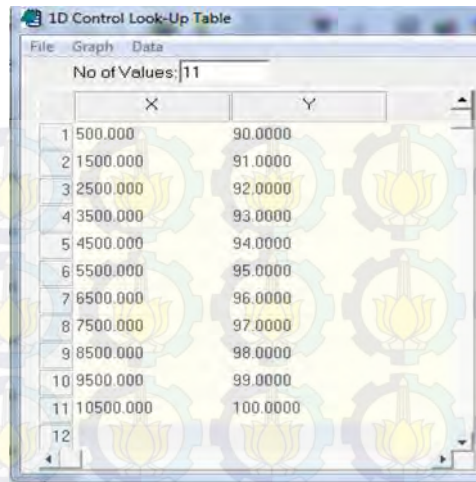
Gambar 4.1 Model awal

2. Pada Intake Valve diatur sebagai Intake valve VVT-i.
3. Pada Software Lotus Engineering terdapat beberapa Simbol tambahan untuk VVT-i yaitu :

Tabel 4.1 Simbol Tambahan VVT-i pada Lotus Engineering

	Default sensors
	Default Actuators
	Wire t1

4. Menghubungkan Silinder dengan Default sensors menggunakan wire t1.
5. Menghubungkan Default sensors dengan default Actuators menggunakan wire t1.
6. Menghubungkan Default Actuators dengan Intake Valve menggunakan wire t1.
7. Pada variasi MOP (Maximum Opening Point) diisi seperti pada gambar 4.2. Karena sebelumnya sudah disimulasikan Variasi MOP pada rentang $0^{\circ} - 100^{\circ}$ (data terlampir). Pada rentang $0^{\circ} - 90^{\circ}$ belum menunjukkan peningkatan performa. Pada rentang $90^{\circ} - 100^{\circ}$ yang menunjukkan Peningkatan Performa. Oleh karena itu, pada X diisi variasi engine speed (rpm) sedangkan pada Y diisi Variasi MOP ($^{\circ}$) sebagai berikut :



1D Control Look-Up Table

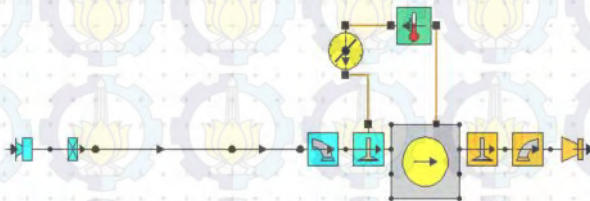
File Graph Data

No of Values: 11

	X	Y
1	500.000	90.0000
2	1500.000	91.0000
3	2500.000	92.0000
4	3500.000	93.0000
5	4500.000	94.0000
6	5500.000	95.0000
7	6500.000	96.0000
8	7500.000	97.0000
9	8500.000	98.0000
10	9500.000	99.0000
11	10500.000	100.0000
12		

Gambar 4.2 Variasi MOP

8. Model dengan penambahan VVT-i telah selesai.



Gambar 4.3 Model VVT-i

9. Kemudian Running Model sehingga didapatkan data berupa Brake power, Brake Torque, BSFC, BMEP, dan Efisiensi Volumetric.

4.2 Contoh Perhitungan

Diketahui : $n = 500$ rpm, jumlah silinder = 1, Brake Torsi (T) = 18,21 Nm, Engine Displacement 249 cc = 0,249 liter, $V_d = 0,249$ liter = 0,000249 m^3 , udara = 1,2 kg/m^3 , $P_{in} = 1$ atm, $T_{in} = 27^\circ C$

1. Brake Power (BP)

Maka untuk mencari Brake Pownya yaitu dengan :

$$\begin{aligned} BP &= \frac{2\pi n}{60} \times T \\ &= \frac{2\pi \cdot 500}{60} \times 18,21 \text{ Nm} \\ &= 952,98 \text{ W} = 0,95 \text{ kW} \end{aligned}$$

2. BMEP (Brake Mean Effective Pressure)

Maka nilai BMEP dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P &= \frac{\bar{p} \cdot V_d \cdot N}{1200} \\ 0,95 \text{ kW} &= \frac{\bar{p} \cdot 0,249 \cdot 500}{1200} \\ \bar{p} &= \frac{0,95 \cdot 1200}{0,249 \cdot 500} \\ &= 9,15 \text{ bar} \end{aligned}$$

3. SFC (Specific Fuel Consumption)

Maka nilai SFC dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} rc &= \frac{V_c + V_d}{V_c} \\ 10,7 &= \frac{V_c + 0,000249}{V_c} \\ &= 0,00002567 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= v_c + v_d \\
 &= 0,00002567 + 0,000249 \\
 &= 0,00027467 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_m &= \frac{PV}{RT} \\
 &= \frac{104,3647 \times 0,00027467}{0,287 \times 300}
 \end{aligned}$$

$$= 0,000332 \text{ kg}$$

Asumsi sejumlah udara masuk ke silinder dengan perbandingan 14,7 : 1 terhadap bahan bakar dan diasumsikan residu gas hasil pembakaran 4 % dari siklus sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 m_a &= \frac{14,7}{15,7} \times 0,96 \times 0,000332 \\
 &= 0,0002984 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_f &= \frac{1}{15,7} \times 1 \times 0,000332 \\
 &= 0,000021146 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SFC} &= \frac{0,000021146 \times 8,33 \times 0,5 \times 1}{0,95} \\
 &= 0,0000927 \text{ kg/kWs} = 333,72 \text{ g/kWhr}
 \end{aligned}$$

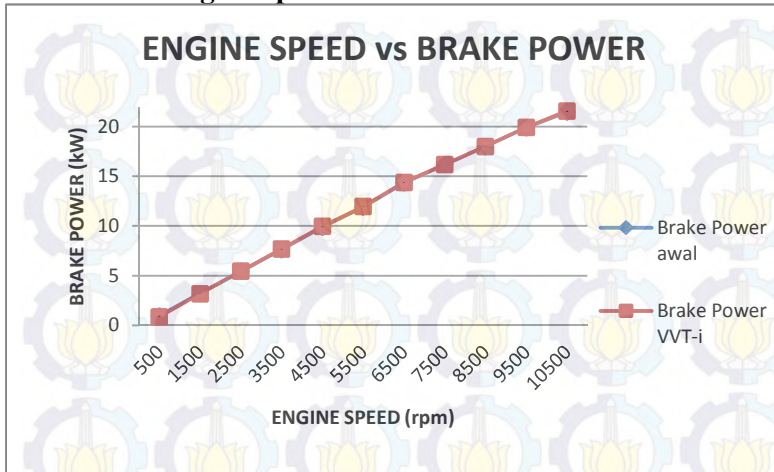
4. Efisiensi volumetric

Maka Efisiensi Volumetric dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \eta_v &= \frac{m_a}{\rho \cdot v_d} \\
 &= \frac{0,0002984}{1,2 \times 0,000249} \times 100\% \\
 &= 99,86 \%
 \end{aligned}$$

4.3 Analisa Grafik

4.3.1 Grafik Engine Speed Vs Brake Power



Gambar 4.4 Grafik Engine Speed vs Brake Power

Pada gambar 4.4 Grafik Brake Power awal terlihat trennya meningkat seiring bertambahnya Engine Speed. Setelah penambahan VVT-i adanya perubahan daya pada putaran 500 rpm adanya penurunan sebesar 0,09 kW. Pada putaran 1500 rpm adanya penurunan sebesar 0,04 kW. Pada putaran 2500 rpm keadaan stagnan.

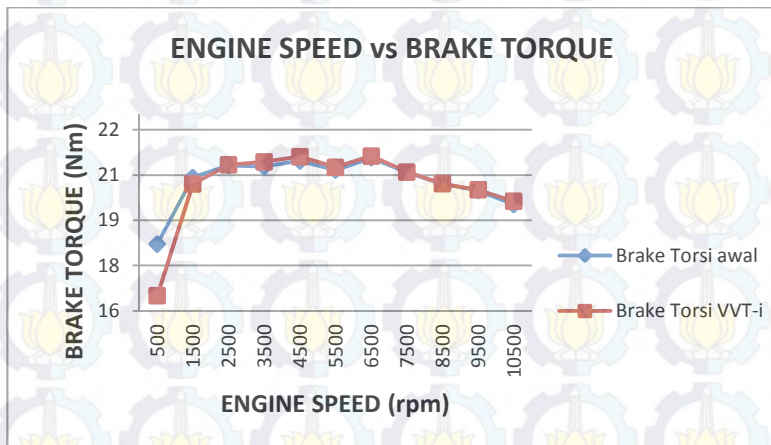
pada putaran 3500 rpm terlihat adanya kenaikan yaitu sebesar 0,06 kW, kemudian pada putaran 4500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,07 kW. Pada putaran 5500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,05 kW. Pada putaran 6500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,04 kW. Pada putaran 7500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,01 kW. Pada Putaran 8500 rpm stagnan kemudian pada putaran 9500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,02 kW dan pada putaran 10500 rpm terjadi kenaikan tertinggi yaitu sebesar 0,11 kW.

Penambahan VVT-i pada Honda CBR 250 R akan meningkatkan daya engine pada 7 variasi kecepatan dan

menurunkan daya engine pada 2 variasi kecepatan dan 1 Variasi kecepatan stagnan. Hal ini disebabkan adanya Pengaturan MOP dimana saat putaran rendah dibuat rendah, saat putaran sedang dibuat sedang dan saat putaran tinggi dibuat tinggi.

Perubahan Brake Power setelah penambahan VVT-i yang hanya sedikit disebabkan adanya error pada saat memverifikasi model awal dengan data yang sesungguhnya yaitu sebesar 4,7 % sehingga perubahan pada Brake Power pun hanya sedikit.

4.3.2 Grafik Engine Speed Vs Brake Torque



Gambar 4.5 Grafik Engine Speed Vs Brake Torque

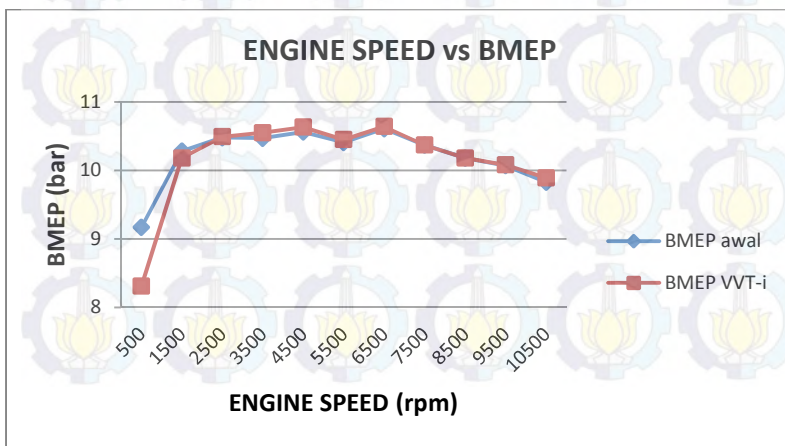
Pada gambar 4.5 grafik Torsi awal terlihat tren grafik mengalami peningkatan hingga pada puncak Torsi yaitu pada putaran 6500 rpm kemudian grafik cenderung mengalami penurunan. Setelah penambahan VVT-i adanya perubahan Torsi terjadi pada putaran 500 rpm yaitu adanya penurunan Torsi sebesar 1,71 Nm. Pada putaran 1500 rpm terjadi penurunan Torsi sebesar 0,20 Nm. Pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan yaitu sebesar 0,03 Nm.

Pada putaran 3500 rpm mengalami kenaikan terbesar yaitu sebesar 0,16 Nm. Pada putaran 4500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,14 Nm. Pada putaran 5500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,09 Nm. Pada putaran 6500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,06 Nm. Pada putaran 7500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,01 Nm. Pada putaran 8500 rpm stagnan. Pada putaran 9500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,02 Nm. Pada putaran 10500 terjadi kenaikan sebesar 0,1 Nm.

Penambahan VVT-i pada Honda CBR 250 R akan meningkatkan Torsi pada 8 variasi kecepatan. Penurunan Torsi pada 2 variasi kecepatan dan stagnan pada variasi kecepatan. Hal ini disebabkan yaitu adanya variasi MOP yang dilakukan. Pada putaran rendah MOP dibuat rendah pada putaran sedang MOP dibuat sedang dan pada putaran tinggi MOP dibuat tinggi.

Perubahan Brake Torque setelah penambahan VVT-i yang hanya sedikit disebabkan adanya error pada saat memverifikasi model awal dengan data yang sesungguhnya yaitu sebesar 4,7 % sehingga perubahan pada Brake Torque pun hanya sedikit.

4.3.3 Grafik Engine Speed Vs BMEP (Brake Mean Effective Pressure)



Gambar 4.6 Grafik Engine Speed Vs BMEP

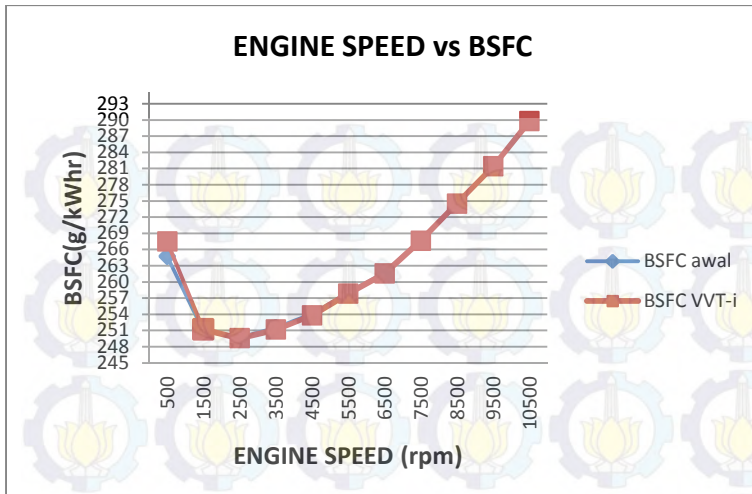
Pada gambar 4.6 grafik BMEP awal terlihat tren meningkat hingga putaran 2500 rpm kemudian menurun pada 3500 rpm kemudian meningkat lagi pada putaran 4500 rpm kemudian turun kembali pada putaran 5500 rpm kemudian naik kembali pada putaran 6500 rpm kemudian cenderung menurun hingga putaran 10500 rpm.

Setelah penambahan VVT-i pada putaran 500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,86 bar. Pada putaran 1500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,10 bar. pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan BMEP yaitu sebesar 0,01 bar. Pada putaran 3500 rpm terjadi kenaikan terbesar yaitu sebesar 0,08 bar. Pada putaran 4500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,07 bar. Pada putaran 5500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,04 bar. Pada putaran 6500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,03 bar. Pada putaran 7500 rpm dan 8500 rpm terjadi keadaan stagnan. Pada putaran 9500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,01 bar. Pada putaran 10500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,06 bar.

Penambahan VVT-i pada Honda CBR 250 R akan meningkatkan BMEP pada 7 variasi kecepatan. Terjadi penurunan pada 2 variasi kecepatan dan stagnan pada 1 variasi kecepatan. Hal ini disebabkan adanya variasi MOP yang dilakukan. Pada putaran rendah MOP dibuat rendah pada putaran sedang MOP dibuat sedang dan pada putaran tinggi MOP dibuat tinggi.

Perubahan BMEP setelah penambahan VVT-i yang hanya sedikit disebabkan adanya error pada saat memverifikasi model awal dengan data yang sesungguhnya yaitu sebesar 4,7 % sehingga perubahan pada BMEP pun hanya sedikit.

4.3.4 Grafik Engine Speed Vs BSFC (Brake Specific Fuel Consumption)



Gambar 4.7 Grafik Engine Speed Vs BSFC

Pada gambar 4.7 grafik BSFC awal terlihat trennya menurun hingga putaran 2500 rpm kemudian meningkat lagi hingga putaran 10500 rpm. Setelah penambahan VVT-i terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar pada putaran 500 rpm sebesar 2,72 g/kWhr. Pada putaran 1500 rpm terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 0,26 g/Kwhr. penurunan konsumsi bahan bakar terjadi pada putaran 2500 rpm yaitu sebesar 0,10 g/kWhr.

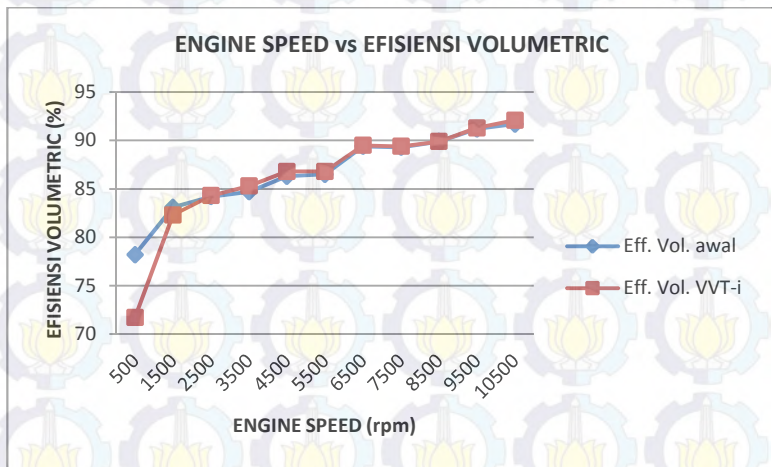
Pada Putaran 3500 rpm terjadi penurunan konsumsi bahan bakar terbesar yaitu sebesar 0,35 g/kWhr. Pada putaran 4500 terjadi penurunan sebesar 0,23 g/kWhr. Pada putaran 5500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,21 g/kWhr. Pada putaran 6500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,16 g/kWhr. Pada putaran 7500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,10 g/kWhr. Pada putaran 8500 rpm terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 0,21 g/kWhr. Pada putaran 9500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,03 g/kWhr. Pada Putaran 10500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,14 g/kWhr.

Penambahan VVT-i pada Honda CBR 250 R akan menurunkan BSFC pada 7 variasi kecepatan. Peningkatan

konsumsi bahan bakar pada 4 variasi kecepatan. Hal ini disebabkan yaitu adanya variasi MOP yang dilakukan. Pada putaran rendah MOP dibuat rendah pada putaran sedang MOP dibuat sedang dan pada putaran tinggi MOP dibuat tinggi.

Perubahan BSFC setelah penambahan VVT-i yang hanya sedikit disebabkan adanya error pada saat memverifikasi model awal dengan data yang sesungguhnya yaitu sebesar 4,7 % sehingga perubahan pada BSFC pun hanya sedikit.

4.3.5 Grafik Engine Speed Vs Efisiensi Volumetric



Gambar 4.8 Grafik Engine Speed Vs Efisiensi Volumetric

Pada gambar 4.8 grafik Efisiensi Volumetric awal terlihat trennya meningkat hingga putaran 6500 rpm kemudian turun pada putaran 7500 rpm kemudian meningkat lagi pada putaran 8500 rpm hingga 10500 rpm. Setelah penambahan VVT-i adanya penurunan efisiensi volumetric terjadi pada putaran 500 rpm sebesar 6,5 %. Pada putaran 1500 rpm terjadi penurunan sebesar 0,8 %. pada putaran 2500 rpm terjadi kenaikan Efisiensi Volumetric yaitu sebesar 0,10 %.

Pada putaran 3500 rpm terjadi kenaikan terbesar yaitu sebesar 0,60 %. Pada putaran 4500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,50 %. Pada putaran 5500 terjadi kenaikan sebesar 0,30 %. Pada putaran 6500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,10 %. Pada putaran 7500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,10 %. Pada putaran 8500 rpm terjadi stagnan. Pada putaran 9500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,10 %. Pada putaran 10500 rpm terjadi kenaikan sebesar 0,40 %.

Penambahan VVT-i pada Honda CBR 250 R akan meningkatkan Efisiensi Volumetric pada 8 variasi kecepatan. Penurunan Efisiensi Volumetric pada 2 variasi kecepatan dan 1 variasi kecepatan stagnan. Hal ini disebabkan yaitu adanya variasi MOP yang dilakukan. Pada putaran rendah MOP dibuat rendah pada putaran sedang MOP dibuat sedang dan pada putaran tinggi MOP dibuat tinggi.

Perubahan Efisiensi volumetric setelah penambahan VVT-i yang hanya sedikit disebabkan adanya error pada saat memverifikasi model awal dengan data yang sesungguhnya yaitu sebesar 4,7 % sehingga perubahan pada Efisiensi Volumetric pun hanya sedikit.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penerapan teknologi VVT-i pada sepeda motor Honda CBR 250 R dengan software Lotus Engineering yaitu pengaturan pada intake valve dengan menambahkan model menggunakan Crank speed sensors untuk mendeteksi Engine Speed (rpm) dan Aktuator untuk memvariasikan MOP (Maximum Opening Point).
2. Pada Brake Power setelah penambahan VVT-i adanya kenaikan pada 7 variasi Engine speed yaitu pada 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500 rpm, 9500 rpm, dan 10500 rpm. Penurunan pada 2 variasi Engine speed yaitu 500 rpm dan 1500 rpm dan 1 Variasi Engine speed stagnan yaitu pada 8500 rpm.
3. Pada Brake Torque setelah penambahan VVT-i adanya kenaikan pada 8 variasi Engine speed yaitu 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500 rpm, 9500 rpm dan 10500 rpm. Penurunan pada 2 variasi Engine speed yaitu pada 500 rpm dan 1500 rpm dan 1 Variasi Engine speed stagnan yaitu pada 8500 rpm.
4. Pada BMEP setelah penambahan VVT-i adanya kenaikan pada 7 variasi Engine speed yaitu pada 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 9500 rpm, dan 10500 rpm. Penurunan pada 2 variasi Engine speed yaitu pada 500 rpm dan 1500 rpm dan 2 Variasi Engine speed stagnan yaitu pada 7500 rpm dan 8500 rpm.
5. Pada BSFC setelah penambahan VVT-i adanya penurunan pada 7 variasi Engine speed yaitu 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500

rpm, dan 10500 rpm. Peningkatan pada 4 variasi Engine speed yaitu pada 500 rpm, 1500 rpm, 8500 rpm dan 9500 rpm.

6. Pada Efisiensi Volumetric setelah penambahan VVT-i adanya kenaikan pada 8 variasi Engine speed yaitu pada 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500 rpm, 9500 rpm, dan 10500 rpm. Penurunan pada 2 variasi Engine speed yaitu pada 500 rpm dan 1500 rpm dan 1 Variasi Engine speed stagnan yaitu pada 8500 rpm.
7. Adanya perubahan pada Brake Power, Brake Torque, BMEP, BSFC, dan Efisiensi Volumetric setelah penambahan VVT-i yaitu pada Variasi MOP (Maximum Opening Point). Pada putaran rendah dibuat rendah, Pada putaran sedang dibuat sedang, dan pada putaran tinggi dibuat tinggi.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Perubahan Performa yang hanya sedikit bisa dikatakan belum sesuai yang diharapkan, maka untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan pada sepeda motor dengan tipe dan spesifikasi yang berbeda sehingga bisa mengetahui Performa setelah penambahan teknologi VVT-i di sepeda motor yang lain.
2. Sebaiknya memverifikasi model awal hingga memiliki error yang sangat kecil kalau bisa mendekati 0 sehingga adanya penambahan VVT-i bisa lebih signifikan hasilnya.
3. Mencari MOP yang paling tepat sehingga bisa meningkatkan performa dengan signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2000. mesin otomotif. Malang : PPPTK/VDEC malang
- [2] Anonim, isuzu-astra.com/service_engine.php, diakses September 2015
- [3] Anonim, zhuzhi1234567.blogspot.co.id, diakses September 2015
- [4] Anonim, mototh.com, diakses September 2015
- [5] Anonim, sakhsondotcom.files.wordpress.com , diakses September 2015
- [6] Anonim, motorexs.blogspot.com , diakses September 2015
- [7] Ghazal, Osama H. M, et al. May 2013. Modeling the Effect of Variable Timing of the Exhaust Valves on SI Engine Emissions for Greener Vehicles. Energy and Power Engineering 5 : 181-189
- [8] Hidayat, wahyu. 2012. Motor Bensin Modern. Jakarta : Rineka Cipta
- [9] Honda. 2014. Part Catalog CBR 250 R. Jakarta : Astra Honda Motor
- [10] Pearson,J., Bassett, M.D., Fleming, N.P., Rodemann, lotus.com, diakses September 2015
- [11] Saragih, Darwan Edyanto. 2013. Perbandingan Antara Mesin Bensin Yang Berteknologi VVT-i Dengan Platina. Elektronik Rotor vol 1 no.2
- [12] Anonim, aperaceparts.com, diakses Juli 2015
- [13] Toyota.1996. New Step 1 Training Manual. Jakarta : PT.Toyota Astra Motor



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Variasi MOP dari rentang 0° – 100° pada X = Engine Speed (rpm), Y = MOP (Maximum Opening Point) ($^\circ$)

Variasi 0° - 10°

No of Values: 11	
X	Y
1 500.000	0.0000
2 1500.000	1.0000
3 2500.000	2.0000
4 3500.000	3.0000
5 4500.000	4.0000
6 5500.000	5.0000
7 6500.000	6.0000
8 7500.000	7.0000
9 8500.000	8.0000
10 9500.000	9.0000
11 10500.000	10.0000
12	

	Speed (rpm)	B.Power(kW)	B.Torque(Nm)	BMEP(bar)	BSFC(g/kw/hr)	V.Eff(%)	Conv
1	500.0	-0.13	-2.54	-1.28	0.00	-260.2	Y
2	1500.0	-0.44	-2.80	-1.41	0.00	-74.6	Y
3	2500.0	-0.82	-3.11	-1.57	0.00	-35.9	N
4	3500.0	-1.26	-3.44	-1.73	0.00	-17.7	Y
5	4500.0	-1.77	-3.76	-1.89	0.00	-5.6	Y

	Speed (rpm)	B.Power(kW)	B.Torque(Nm)	BMEP(bar)	BSFC(g/kw/hr)	V.Eff(%)	Conv
6	5500.0	-1.90	-3.29	-1.66	-38.94	2.1	N
7	6500.0	-1.55	-2.28	-1.15	-188.68	7.0	Y
8	7500.0	-0.91	-1.15	-0.58	-664.47	12.5	Y
9	8500.0	-0.16	-0.18	-0.09	-5811.72	17.2	Y
10	9500.0	-0.79	-0.79	-0.40	-1257.97	16.1	Y

11	10500.0	0.51	0.46	0.23	2971.01	22.2	Y
----	---------	------	------	------	---------	------	---

Variasi 10°-20°

	X	Y
1	500.000	10.0000
2	1500.000	11.0000
3	2500.000	12.0000
4	3500.000	13.0000
5	4500.000	14.0000
6	5500.000	15.0000
7	6500.000	16.0000
8	7500.000	17.0000
9	8500.000	18.0000
10	9500.000	19.0000
11	10500.000	20.0000

	Speed (rpm)	B Power(kW)	B Torque(Nm)	BMEP(bar)	BSFC(g/kw/hr)	V.Eff(%)	Conv
1	500.0	-0.14	-2.59	-1.30	0.00	-204.9	Y
2	1500.0	-0.44	-2.83	-1.42	0.00	-51.4	Y
3	2500.0	-0.62	-3.11	-1.57	0.00	-18.2	Y
4	3500.0	-1.08	-2.94	-1.48	-16.45	0.8	N
5	4500.0	-0.73	-1.56	-0.78	-264.69	6.7	Y
6	5500.0	0.17	0.30	0.15	2969.22	14.7	Y
7	6500.0	1.12	1.64	0.83	787.46	20.9	Y
8	7500.0	1.98	2.52	1.27	621.30	25.5	Y
9	8500.0	3.11	3.49	1.76	528.37	29.9	Y
10	9500.0	2.75	2.76	1.39	643.06	28.6	Y
11	10500.0	3.87	3.52	1.77	578.00	33.1	Y

Variasi 20°-30°

	X	Y
1	500.000	20.0000
2	1500.000	21.0000
3	2500.000	22.0000
4	3500.000	23.0000
5	4500.000	24.0000
6	5500.000	25.0000
7	6500.000	26.0000
8	7500.000	27.0000
9	8500.000	28.0000
10	9500.000	29.0000
11	10500.000	30.0000

	Speed (rpm)	B.Power(kW)	B.Torque(Nm)	BMEP(bar)	BSFC(g/kw/hr)	V.Eff(%)	Conv
1	500.0	-0.14	-2.65	-1.33	0.00	-153.0	Y
2	1500.0	-0.45	-2.85	-1.44	0.00	-27.7	Y
3	2500.0	-0.54	-2.06	-1.04	-74.55	2.5	N
4	3500.0	0.16	0.45	0.22	1708.02	12.4	Y
5	4500.0	1.30	2.75	1.39	492.77	22.1	Y

	Speed (rpm)	B.Power(kW)	B.Torque(Nm)	BMEP(bar)	BSFC(g/kw/hr)	V.Eff(%)	Conv
6	5500.0	2.65	4.60	2.32	397.74	29.8	Y
7	6500.0	3.89	5.71	2.88	378.52	35.3	Y
8	7500.0	5.11	6.50	3.27	370.15	39.1	Y
9	8500.0	6.35	7.13	3.59	370.84	42.7	Y
10	9500.0	6.26	6.29	3.17	403.12	41.1	Y
11	10500.0	7.17	6.52	3.28	412.78	43.9	Y

Variasi 30°-40°

	X	Y
1	500.000	30.0000
2	1500.000	31.0000
3	2500.000	32.0000
4	3500.000	33.0000
5	4500.000	34.0000
6	5500.000	35.0000
7	6500.000	36.0000
8	7500.000	37.0000
9	8500.000	38.0000
10	9500.000	39.0000
11	10500.000	40.0000

Gagal running pada 58 % berhenti

Variasi 40°-50°

	X	Y
1	500.000	40.0000
2	1500.000	41.0000
3	2500.000	42.0000
4	3500.000	43.0000
5	4500.000	44.0000
6	5500.000	45.0000
7	6500.000	46.0000
8	7500.000	47.0000
9	8500.000	48.0000
10	9500.000	49.0000
11	10500.000	50.0000

speed (rpm)	Brake Power	Brake Torque	BMEP (bar)	BSFC (g/kw/	v.eff (%)
500	-0.15	-2.77	-1.40	0	-60.80
1500	0.36	2.30	1.16	447.36	16.50
2500	1.66	6.34	3.20	316.89	32.80
3500	3.55	9.68	4.88	289.49	45.60
4500	5.53	11.73	5.91	281.70	53.70
5500	7.42	12.89	6.49	282.16	59.10
6500	9.09	13.36	6.73	286.16	61.90
7500	10.62	13.52	6.81	291.70	63.90
8500	12.02	13.50	6.80	298.67	65.40
9500	12.36	12.42	6.26	313.50	63.40
10500	13.16	11.97	6.03	327.43	63.70

Variasi 50°-60°

	X	Y
1	500.000	50.0000
2	1500.000	51.0000
3	2500.000	52.0000
4	3500.000	53.0000
5	4500.000	54.0000
6	5500.000	55.0000
7	6500.000	56.0000
8	7500.000	57.0000
9	8500.000	58.0000
10	9500.000	59.0000
11	10500.000	60.0000

speed (rpm)	Brake Power (kW)	Brake Torque (Nm)	BMEP (bar)	BSFC (g/kw.hr)	v.eff (%)
500	-0.15	-2.82	-1.42	0	-22.10
1500	1.01	6.45	3.25	307.46	32.40
2500	2.95	11.25	5.67	274.94	50.40
3500	5.11	13.94	7.02	267.63	60.50
4500	7.28	15.44	7.78	266.91	66.80
5500	9.29	16.13	8.13	268.86	70.50
6500	11.21	16.47	8.30	274.00	73.00
7500	12.82	16.32	8.22	278.95	74.00
8500	14.23	15.99	8.05	287.36	74.40
9500	14.93	15.01	7.56	298.65	72.80
10500	15.62	14.21	7.15	312.49	72.10

Variasi 60°-70°

	X	Y
1	500.000	60.0000
2	1500.000	61.0000
3	2500.000	62.0000
4	3500.000	63.0000
5	4500.000	64.0000
6	5500.000	65.0000
7	6500.000	66.0000
8	7500.000	67.0000
9	8500.000	68.0000
10	9500.000	69.0000
11	10500.000	70.0000

speed (rpm)	Brake Power (kW)	Brake Torque (Nm)	BMEP (bar)	BSFC (g/kw/hr)	v.eff (%)
500	0.02	0.37	0.19	1578.12	9.40
1500	1.78	11.30	5.69	273.12	50.30
2500	4.04	15.45	7.78	259.90	65.10
3500	6.32	17.26	8.69	258.04	72.20
4500	8.65	18.36	9.25	259.00	77.20
5500	10.77	18.69	9.41	262.59	79.50
6500	12.89	18.93	9.53	266.11	81.80
7500	14.46	18.42	9.28	272.88	81.40
8500	15.90	17.86	9.00	280.31	81.20
9500	17.00	17.09	8.61	289.72	80.40
10500	17.81	16.20	8.16	302.12	79.40

Variasi 70°-80°

	X	Y
1	500.000	70.0000
2	1500.000	71.0000
3	2500.000	72.0000
4	3500.000	73.0000
5	4500.000	74.0000
6	5500.000	75.0000
7	6500.000	76.0000
8	7500.000	77.0000
9	8500.000	78.0000
10	9500.000	79.0000
11	10500.000	80.0000

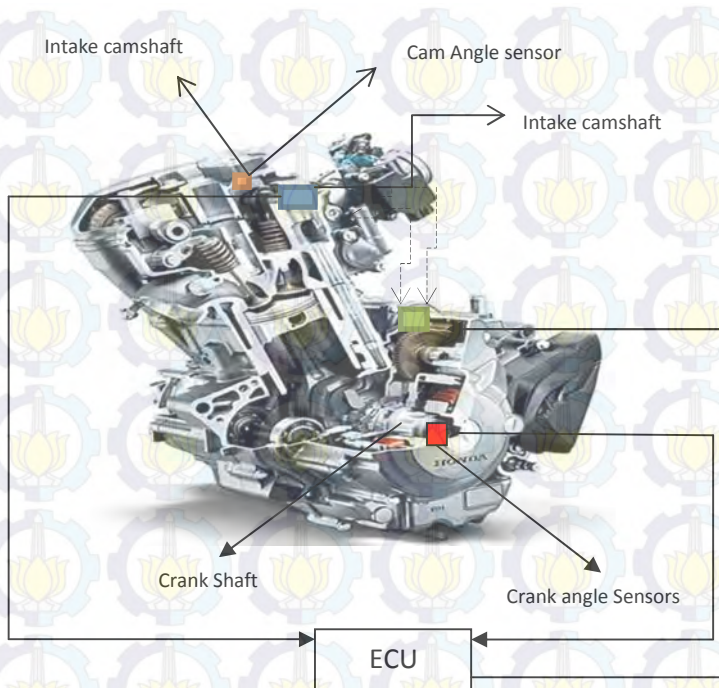
speed (rpm)	Brake Power (kW)	Brake Torque (Nm)	BMEP (bar)	BSFC (g/kw/hr)	v.eff (%)
500	0.35	6.60	3.32	309.74	33.10
1500	2.48	15.76	7.94	258.79	66.20
2500	4.78	18.26	9.20	253.75	75.20
3500	7.19	19.62	9.88	253.37	80.70
4500	9.56	20.28	10.21	255.14	83.90
5500	11.64	20.22	10.18	258.85	84.90
6500	13.94	20.48	10.32	262.61	87.20
7500	15.59	19.85	10.00	269.00	86.60
8500	17.14	19.25	9.70	276.48	86.30
9500	18.59	18.69	9.41	284.41	86.30
10500	19.64	17.86	8.99	295.21	85.50

Variasi 80° -90°

	X	Y
1	500.000	80.0000
2	1500.000	81.0000
3	2500.000	82.0000
4	3500.000	83.0000
5	4500.000	84.0000
6	5500.000	85.0000
7	6500.000	86.0000
8	7500.000	87.0000
9	8500.000	88.0000
10	9500.000	89.0000
11	10500.000	90.0000

speed (rpm)	Brake Power (kW)	Brake Torque (Nm)	BMEP (bar)	BSFC (g/kw/hr)	v.eff (%)
500	0.63	12.08	6.08	278.82	54.80
1500	2.92	18.58	9.36	253.73	76.50
2500	5.27	20.14	10.14	250.70	81.90
3500	7.67	20.92	10.54	251.22	85.20
4500	9.94	21.09	10.62	253.59	86.80
5500	11.99	20.82	10.49	257.88	87.00
6500	14.40	21.15	10.65	261.53	89.60
7500	16.17	20.58	10.37	267.58	89.20
8500	17.85	20.05	10.10	274.47	89.20
9500	19.56	19.66	9.90	281.90	89.90
10500	20.93	19.04	9.59	291.23	89.90

Skema Rancangan Engine Honda CBR 250 R setelah penambahan VVT-i



Keterangan :

-  CAM ANGLE SENSOR
-  VVT-i CONTROLLER
-  OIL CONTROL VALVE
-  CRANK ANGLE SENSOR

1D Control Look-Up Table

File Graph Data

No of Values: 11

X	Y
1 500.000	90.0000
2 1500.000	91.0000
3 2500.000	92.0000
4 3500.000	93.0000
5 4500.000	94.0000
6 5500.000	95.0000
7 6500.000	96.0000
8 7500.000	97.0000
9 8500.000	98.0000
10 9500.000	99.0000
11 10500.000	100.0000
12	

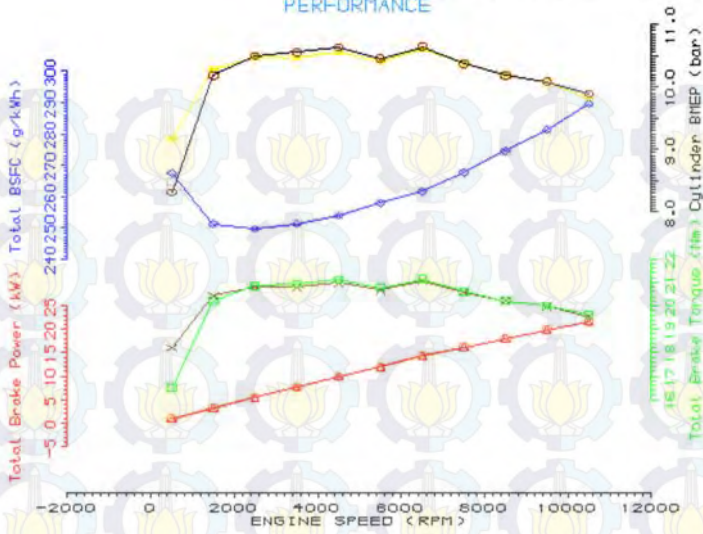
Performa Honda CBR 250 R (SIMULASI)

Speed(rpm)	Brake Power (kW)	Brake Torque(Nm)	BMEP (bar)	BSFC (g/kw/hr)	v.eff (%)	convergence
500	0,95	18,21	9,17	264,76	78,20	Y
1500	3,21	20,42	10,28	250,96	83,10	Y
2500	5,45	20,81	10,48	249,66	84,20	Y
3500	7,62	20,78	10,47	251,51	84,70	Y
4500	9,88	20,97	10,56	254,03	86,30	Y
5500	11,91	20,67	10,41	258,03	86,50	Y
6500	14,34	21,07	10,61	261,69	89,40	Y
7500	16,17	20,59	10,37	267,71	89,30	Y
8500	17,99	20,21	10,18	274,27	89,90	Y
9500	19,89	19,99	10,07	281,37	91,20	Y
10500	21,47	19,53	9,83	289,88	91,70	Y

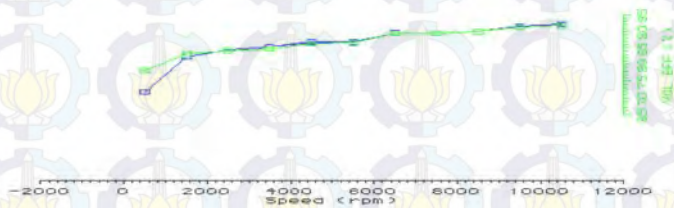
Performa Honda CBR 250 R setelah penambahan VVT-i (SIMULASI)

speed (rpm)	Brake Power (kW)	Brake Torque (Nm)	BMEP (bar)	BSFC (g/kw/hr)	v.eff (%)	convergence
500	0,86	16,5	8,31	267,48	71,7	Y
1500	3,17	20,2	10,18	251,22	82,3	Y
2500	5,45	20,84	10,49	249,56	84,3	Y
3500	7,68	20,94	10,55	251,16	85,3	Y
4500	9,95	21,11	10,63	253,8	86,8	Y
5500	11,96	20,76	10,45	257,82	86,8	Y
6500	14,38	21,13	10,64	261,53	89,5	Y
7500	16,18	20,6	10,37	267,61	89,4	Y
8500	17,99	20,21	10,18	274,48	89,9	Y
9500	19,91	20,01	10,08	281,4	91,3	Y
10500	21,58	19,63	9,89	289,74	92,1	Y

PERFORMANCE



PERFORMANCE



BIOGRAFI PENULIS



Achmad

Husein

dilahirkan di Cilacap, Jawa tengah pada 27 Juli 1991 yang merupakan anak kedua dari 2 bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Tegalreja 04 Cilacap (1997-2003). Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Cilacap (2003-2006) Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Cilacap (2006-2009). Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di DIII Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang sebagai mahasiswa selama periode (2009-2013). Kemudian penulis melanjutkan studi di S1 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya selama periode (2013-2016).

Selama menempuh pendidikan, selain mengikuti kuliah penulis mengisi waktu senggangnya dengan mengisi kegiatan positif salah satunya hobi penulis yaitu Bola basket. Selain itu penulis pun juga menggemari Futsal bersama-sama teman kuliah dan hobi paling menyenangkan bagi penulis yaitu Touring ke penjuru Indonesia.